

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
FACE DEPARTAMENTO DE ECONOMIA – ECO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE

Felipe Dall’Orsoletta

ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DE UMA POLÍTICA CLIMÁTICA
NA PECUÁRIA DA COSTA RICA

Brasília, DF

2020

Felipe Dall'Orsoletta

**ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DE UMA POLÍTICA CLIMÁTICA NA
PECUÁRIA DA COSTA RICA**

Dissertação apresentada ao Centro de Estudos em Economia, Meio Ambiente e Agricultura do Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Economia - Gestão Econômica do Meio Ambiente**.

Área de concentração: Economia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Andrei Domingues
Cechin

Brasília, DF

2020

DD144a Dall'Orsoletta, Felipe
Análise custo-benefício de uma política climática na
pecuária da Costa Rica / Felipe Dall'Orsoletta; orientador
Andrei Domingues Cechin. -- Brasília, 2020.
126 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Economia) --
Universidade de Brasília, 2020.

1. Análise custo-benefício. 2. Mudanças Climáticas. 3.
Pecuária. 4. Políticas Públicas. I. Domingues Cechin,
Andrei, orient. II. Título.

Felipe Dall'Orsoletta

ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DE UMA POLÍTICA CLIMÁTICA NA PECUÁRIA DA COSTA RICA

Dissertação apresentada ao Centro de Estudos em Economia, Meio Ambiente e Agricultura do Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia - Gestão Econômica do Meio Ambiente.

Data da aprovação: ____/_____/2020.

Andrei Domingues Cechin, Dr.
(Presidente/Orientador)

Marcelo de Oliveira Torres, Dr. (Membro interno - FACE UnB)

Joana D'Arc Bardela Castro, Dra. (Membro externo – UEG)

Brasília, DF

2020

Indubitavelmente esse trabalho é dedicado a minha esposa, Eliziane, que incentivou meu retorno aos estudos e é responsável por essa árdua jornada que culmina nesse trabalho. Te amo!

AGRADECIMENTOS

Meu primeiro agradecimento vai a minha esposa, pelo seu fundamental suporte durante os vários momentos difíceis que passei durante o mestrado. A ela meu mais profundo agradecimento, cujo ainda assim é incapaz de transmitir toda a emoção que sinto ao redigir essas linhas. Lhe serei indelevelmente grato meu amor!

Gostaria também de agradecer a atenção e compreensão recebida do professor Andrei, mesmo diante de um prazo apertado e em meio a períodos difíceis de fim de ano. Que o senhor mantenha esse mesmo respeito a seus discentes durante toda sua carreira e oxalá voltemos a trabalhar juntos no futuro. Obrigado mestre!

Como comer um elefante?
Com uma mordida de cada vez!
(Autoria não confirmada)

RESUMO

O enfrentamento climático deverá depender cada vez mais de atuações governamentais, mas por enquanto pouca efetividade é percebida. A pecuária é um setor chave em tal contexto, dada sua substancial contribuição à emissão de gases de efeito estufa, aliada à sua capacidade de sequestrar carbono sob boas práticas de manejo. Este trabalho deseja saber como a consideração de benefícios externos de uma política climática setorial poderia alterar sua atratividade. Analisou-se uma política de mitigação na pecuária da Costa Rica, com custos e benefícios de diferentes atores sendo modelados num mesmo cálculo. Isso decorre de uma característica peculiar das mudanças climáticas: soluções locais para problemas globais. Análises custo-benefício se mostraram positivas para investimento em 15 dos 18 cenários, com relações de benefício sobre custo indo de 0,27 a 7,31 e valores presente líquidos variando entre negativos USD 14 milhões a positivos USD 265 milhões. A consideração da dimensão social sistematicamente mostrou cenários mais atrativos. Resultados sob diferentes premissas políticas e econômicas e com ou sem custo de oportunidade não causaram alterações significativas de viabilidade. Mais importante que os resultados em si, é a sinalização de que mesmo diante de cenários favoráveis como o aqui demonstrado, ações de enfrentamento climático podem estar sendo relegadas por representarem custos individuais com benefícios globais.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Políticas públicas. Pecuária. Análise Custo-Benefício.

ABSTRACT

Tackling climate change should increasingly depend on government actions, but for the time, little effectiveness is perceived. In this context livestock plays a key role, given its substantial contribution regarding greenhouse gases emission, joined with its capacity to sequester carbon, under good management practices. This paper wants to know how the consideration of external benefits of a sectorial climate policy could alter its viability, even though impacts occur in different areas. A livestock mitigation policy in Costa Rica was analyzed, with costs and benefits of different actors modelled on one same calculation. This derives from a peculiar characteristic of MC: local solutions to global problems. Cost-benefit analyses were positive for investment in 15 of the 18 scenarios, with cost-benefit ratios ranging from 0.27 to 7.31 and net present values ranging from negative USD 14 million to positive USD 265 million. The consideration of the social dimension systematically showed more attractive scenarios. Results under different political and economic assumptions and with or without opportunity costs did not cause significant changes in viability. More important than the results themselves, is the fact that even under favourable scenarios like the ones here presented, actions to combat climate may be being relegated, for representing individual costs with global benefits.

Keywords: Climate change. Public policies. Livestock. Cost-benefit analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Externalidades das Mudanças Climáticas sobre o bem-estar social	24
Figura 2 - Gráfico de caronas no enfrentamento climático	31
Figura 3 - Gráfico do benefício de emissões evitadas	35
Figura 4 - Precificação ótima do carbono.....	36
Figura 5 - Gráfico do custo social do carbono.....	37
Figura 6 - Variação do preço da tonelada de licença de emissão de carbono do EU-ETS, 2008 – 2019 (USD).....	41
Figura 7 - Curva de custo marginal de custos e benefícios de abatimento de emissões	46
Figura 8 - CCMA e a relação entre custo-efetividade e incentivo para implementação	47
Figura 9 - Produção e intensidade de carbono da pecuária global, por regiões	59
Figura 10 - Meta de redução de emissões de gases de efeito estufa da NDC da Costa Rica (milhões de t CO ₂ eq.)	66
Figura 11 - Emissões de gases de efeito estufa na pecuária na Costa Rica, 2016 (t CO ₂ eq.)	68
Figura 12 - Guarda-chuva da política climática no setor pecuário da Costa Rica.....	70
Figura 13 - Etapas de implementação e total de fazendas por fase do programa NAMA Pecuária na Costa Rica	71
Figura 14 - Benefício líquido acumulado das ACBs 5 anos, rodada 1	96
Figura 15 - Benefício líquido acumulado das ACBs 15 anos, rodada 2.....	97
Figura 16- Benefício líquido acumulado das ACBs Sociais 15 anos com custo de oportunidade, rodada 3	98
Figura 17 - Gráfico do total políticas viáveis e não viáveis, por tipo de ACB.....	103
Figura 18 - Gráfico dos resultados das ACBs, por tipos	103
Figura 19 - Gráfico do total políticas viáveis e não viáveis, por cenário econômico...	104
Figura 20 - Gráfico dos resultados das ACBs, por cenários econômicos.....	104
Figura 21 - Gráfico do total políticas viáveis e não viáveis, ACBs com e sem custo de oportunidade	105
Figura 22 - Gráfico dos resultados das ACBs, com e sem custo de oportunidade	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação concentração de GEE x temperatura	22
Quadro 2 - Reflexos microeconômicas de atividades mitigadoras de gases de efeito estufa na pecuária	28
Quadro 3 – Tipologia de bens econômicos baseado em rivalidade e exclusividade	29
Quadro 4 - Tipologia de bens econômicos baseado em custos de oportunidade e direitos de propriedade	30
Quadro 5 - O uso do valor das emissões em distintos momentos de políticas climáticas.	40
Quadro 6 - Principais emissões de GEE na cadeia produtiva da pecuária	53
Quadro 7 - Mecanismos de mitigação e de captura de carbono na pecuária.....	55
Quadro 8 - Proporção de emissões de gases de efeito estufa da pecuária global, 2010 .	57
Quadro 9 - Estimativas de potencial de mitigação de GEE na pecuária	60
Quadro 10 - Potenciais de redução de gases de efeito estufa de medidas mitigadoras na pecuária.....	62
Quadro 11 - Custos de ações mitigadores de gases de efeito estufa, por tonelada de CO2 evitado.....	63
Quadro 12 - Estimativas de custos e benefícios de melhores práticas de manejo de excrementos na pecuária, com e sem geração de energia.....	63
Quadro 13 - Medidas de mitigação selecionadas para o programa NAMA Pecuária	72
Quadro 14 - Método para cálculo de potencial de emissões evitadas	73
Quadro 15 - Cenários e emissões evitadas do programa NAMA Pecuária e sua proporção para a meta nacional da Costa Rica ao longo de 15 anos.....	73
Quadro 16 - Custos e benefícios considerados nas atividades do programa NAMA Pecuária	74
Quadro 17 - Investimentos requeridos por fase do programa NAMA Pecuária	76
Quadro 18 - Definição de custos e benefícios do programa NAMA Pecuária.....	80
Quadro 19 - Informações base da ACB do programa NAMA Pecuária	81
Quadro 20 – As quatro rodadas de resultados para a ACB NAMA Pecuária	83
Quadro 21 - Os dois tipos de ACBs para o programa NAMA Pecuária	84
Quadro 22 - Os três cenários econômicos para a ACB do programa NAMA Pecuária .	85
Quadro 23 – O custo de oportunidade das medidas alternativas	89
Quadro 24 – Informações base do custo de oportunidade da ACB Social, 5 e 15 anos.	89

Quadro 25 - Equiparação de custos e benefícios entre NAMA e medidas alternativas, cenário Social Nordhaus 5 anos.....	90
Quadro 26 - Cenários híbridos da ACB do programa NAMA Pecuária	91
Quadro 27 - Rodadas e cenários de resultados da ACB	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativas de impactos das Mudanças Climáticas no bem-estar: alguns valores encontrados na literatura	26
Tabela 2 - Custo social do carbono de algumas literaturas pesquisadas (USD/t CO ₂)..	38
Tabela 3 - Premissas de duas visões destoantes de análises econômicas das mudanças climáticas	43
Tabela 4 - Taxas de desconto encontradas em algumas das literaturas mais recorrentes	44
Tabela 5 - Emissões de gases de efeito estufa na pecuária global, 2010 (por tipos de criação).....	58
Tabela 6 - Números da pecuária na Costa Rica.....	67
Tabela 7 - Linha base de emissões de gases de efeito estufa na pecuária na Costa Rica, 2016 (t CO ₂ /eq.)	69
Tabela 8 - Análise financeira das medidas mitigadores	75
Tabela 9 - Investimentos operacionais médios do programa NAMA Pecuária	82
Tabela 10 - Relação benefício/custo das ACBs 5 anos, rodada 1	95
Tabela 11 - Valores presente líquidos das ACBs 5 anos, rodada 1	95
Tabela 12 - Relação benefício/custo das ACBs 15 anos, rodada 2	96
Tabela 13 - Valores presente líquidos das ACBs 15 anos, rodada 2	97
Tabela 14 - Relação benefício/custo das ACBs Sociais 5 e 15 anos com custo de oportunidade, rodada 3	98
Tabela 15 - Valores presente líquidos das ACBs Sociais 5 e 15 anos com custo de oportunidade, rodada 3	98
Tabela 16 – Relação benefício/custo das ACBs híbridas, rodada 4	99
Tabela 17 – Resultado geral de relações b/c e VPLs das ACBs 5 e 15 anos, com e sem custos de oportunidade, em ordem decrescente.....	100
Tabela 18 – Comparação da relação b/c de ACBs 5 anos, com e sem custo de oportunidade	101
Tabela 19 - Comparação b/c de ACBs 15 anos, com e sem custo de oportunidade	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACB	Análise custo-benefício
ACE	Análise custo-efetividade
b/c	Relação de benefício sobre custo
CCMA	Curva de custo marginal de abatimento
CSC	Custo social do carbono
CH ₄	Metano
C.O.	Custo (s) de oportunidade (s)
CO ₂	Dióxido de carbono (gás carbônico)
CO ₂ eq.	Unidade de medida dos gases de efeito estufa, equivalente a uma unidade de medida do dióxido de carbono
DP	Direitos de propriedade
EE	Emissões evitadas
ENBC	Estratégia Nacional de Câmbio Climático da Costa Rica
EU-ETS	Sistema de Comércio de Emissões de Carbono da Europa (<i>European Union Emissions Trading System</i>)
GEE	Gás (gases) de efeito estufa
GTP	<i>Global Temperature Change Potential</i>
GWP	<i>Global Warming Potential</i>
ha	Hectare (s)
IAM	<i>Integrated Assessment Model</i>
MC	Mudanças climáticas
NAMA	Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (<i>Nationally Appropriate Mitigation Actions</i>)

NDC	Contribuição Nacionalmente Determinada (<i>National Determined Contribution</i>)
N ₂ O	Óxido Nitroso
PIB	Produto Interno Bruto
REDD	Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação
t	Tonelada (s)
TIR	Taxa Interna de Retorno
USD	Dólar americano
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	19
1 ECONOMIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	21
1.1 CIÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	21
1.2 EMISSÕES COMO EXTERNALIDADES NEGATIVAS	22
1.3 REFLEXOS ECONÔMICOS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA.....	25
1.3.1 Reflexos macroeconômicos.....	25
1.3.2 Reflexos microeconômicos	27
1.4 A EXISTÊNCIA DE CARONAS.....	28
1.4.1 Classificação de bens econômicos	28
1.4.2 Externalidades do enfrentamento climático	30
1.4.3 O desafio de uma governança climática global.....	33
1.5 QUAL VALOR DO BENEFÍCIO DE EMISSÕES EVITADAS?	34
1.6 CUSTO SOCIAL DO CARBONO	36
1.6.1 Modelos de cálculo do custo social do carbono.....	38
1.6.2 O custo social do carbono aplicado a políticas	39
1.6.3 Esquemas de comércio de licenças para emissões de gases de efeito estufa .	40
1.7 O VALOR DO FUTURO NOS MODELOS CLIMÁTICO-ECONÔMICOS.....	42
1.8 CUSTO MARGINAL DE ABATIMENTO.....	45
1.9 CRÍTICAS E CETICISMO ÀS MC E À ECONOMIA CLIMÁTICA.....	48
2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A PECUÁRIA	52
2.1 COMO A PECUÁRIA AFETA AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	52
2.1.1 Emissão de gases de efeito estufa na pecuária	53
2.1.2 Mitigação e captura de gases de efeito estufa na pecuária.....	54
2.2 EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA PECUÁRIA.....	57

2.2.1 Mundo	57
2.2.2 América Latina.....	58
2.3 POTENCIAL E LIMITES PARA MITIGAÇÃO	59
2.3.1 Atividades mitigadoras e seu potencial.....	61
2.3.2 Custos de ações mitigadoras	62
3 ENFRENTAMENTO CLIMÁTICO E A PECUÁRIA NA COSTA RICA	65
3.1 COSTA RICA E SUA POLÍTICA AMBIENTAL E CLIMÁTICA	65
3.2 PECUÁRIA NA COSTA RICA	67
3.2.3 Emissões da pecuária na Costa Rica	68
3.3 O PROJETO	69
3.3.1 Dados/etapas.....	70
3.3.2 Medidas mitigadoras do projeto.....	71
3.3.3 Potencial de emissões evitadas do projeto	72
3.3.4 Custos e benefícios das medidas mitigadoras	74
3.3.5 Investimentos requeridos pelo programa	75
4 MÉTODO	78
4.1 ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO E SEU CONTEXTO CLIMÁTICO.....	79
4.2 DIVERSIFICAÇÃO DE CENÁRIOS	82
4.2.1 Duas perspectivas para a análise custo-benefício	83
4.2.2 Cenários econômicos.....	84
4.2.3 Custo de oportunidade.....	87
4.2.4 Cenários híbridos.....	91
4.3 FRONTEIRAS	92
5 RESULTADOS	95
6 DISCUSSÃO	101
CONCLUSÃO.....	108
REFERÊNCIAS	110

REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES	121
APÊNDICE A - PRINCIPAIS GASES DE EFEITO ESTUFA EMITIDOS NA PECUÁRIA	122
APÊNDICE B – PRÁTICAS MITIGADORAS DE GEE NA PECUÁRIA	123
APÊNDICE C – DETALHAMENTOS DE CUSTOS DE MEDIDAS MITIGADORES DE GEE DA PECUÁRIA	125
APÊNDICE D - ESTIMAÇÃO DE INVESTIMENTOS OPERACIONAIS (I.O.) A PARTIR DO QUINTO ANO DO PROGRAMA NAMA PECUÁRIA	127
APÊNDICE E – INFORMAÇÕES BASE PARA MEDIDAS ALTERNATIVAS E CÁLCULOS DOS CUSTOS DE OPORTUNIDADE	128
APÊNDICE F – EQUALIZAÇÃO DE VALORES ENTRE NAMA PECUÁRIA E CUSTO DE OPORTUNIDADE	129
APÊNDICE G – TABELA DA ACB CENÁRIO ‘EN’ 5 ANOS	130
APÊNDICE H – TABELA DA ACB CENÁRIO ‘SS’ 15 ANOS	131
APÊNDICE I – TABELA DA ACB CENÁRIO ‘EP’ 5 ANOS COM CUSTO DE OPORTUNIDADE	132
ANEXO A – SEIS PRINCIPAIS CLASSES DE MODELO DE ANÁLISE CLIMÁTICA ECONÔMICA	133
ANEXO B - INVESTIMENTOS, CUSTOS E ALCANCE DAS MEDIDAS MITIGADORAS DO PROGRAMA NAMA	134
ANEXO C – CONSIDERAÇÕES BASE E TABELA DE INCREMENTOS DE RENDA COM O PROGRAMA NAMA PECUÁRIA	135
ANEXO D – DETALHAMENTOS DOS CUSTOS OPERACIONAIS DO PROGRAMA NAMA PECUÁRIA	139

INTRODUÇÃO

O objetivo dessa a dissertação é analisar como a consideração de benefícios externos de emissões evitadas de uma política climática setorial poderia alterar sua atratividade. Políticas climáticas muitas vezes são analisadas enfocando-se apenas em agentes diretamente afetados. Entretanto, a natureza das mudanças climáticas (MC) representa um desafio adicional a essa abordagem, por combinar soluções locais para problemas globais (TOL 2010). Sob tal abordagem, a integral incorporação de tais impactos pode se mostrar desafiadora (MAYRHOFER e GUPTA, 2015), uma vez que é relativamente fácil definir os responsáveis por custos, mas complexo delimitar os benefícios.

Para tentar entender como a consideração de tais benefícios - ainda que de diferentes âmbitos - pode alterar a viabilidade do planejamento público climático¹, empreende-se aqui uma análise custo-benefício (ACB) em uma política de mitigação de gases de efeito estufa (GEE) na Costa Rica. O programa NAMA Pecuária é parte de um amplo arcabouço político do país, tendo como um de seus baluartes a meta de reduzir quase pela metade suas emissões de GEE em 2030. O setor pecuário é responsável por quase um quinto dessas emissões e o programa em questão, se implementado com sucesso, poderia representar quase a metade do esforço requerido.

Ainda existem muitas barreiras ao entendimento e a tomada de ações efetivas por parte de governantes. Prova disso são as Conferências das Partes do organismo climático das Nações Unidas² que ano após ano vêm falhando em entregar medida efetivas (como um mercado de carbono mundialmente regulado). Empreendimentos *bottom-up* - como o costarriquenho - podem ser uma forma alternativa de implementar medidas eficazes e eficientes de proteção ao nosso balanço térmico, desde que bem planejado.

Políticas públicas deverão ser chaves para a mudança necessária e a inclusão de todos seus possíveis custos e benefícios pode ser crucial para tornar esses investimentos econômica e ambientalmente benéficos (VENKATESH, 2012). Assim, o presente

¹ Neste trabalho o termo “climático (a)” estará sempre relacionado ao clima no contexto das mudanças climáticas, não ao clima em si.

² Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC, de seu nome em inglês): < <https://unfccc.int/> >.

trabalho agregará custos e benefícios de ambos os âmbitos da política: externo e privado, cuja junção define o âmbito social. Através de ACBs das dimensões externa e social e sob uma moldura econômico-climática, tentar-se-á mostrar quais custos a continuidade das emissões de GEE poderiam representar para a sociedade, versus quais benefícios poderiam advir de sua não emissão. Busca-se inovar ao tratar impactos de diferentes atores em uma mesmo cálculo, a fim de perceber impactos ao planejamento e possíveis lições decorrentes.

Esse trabalho está estruturado em seis capítulos. Inicia-se trazendo a abordagem da economia às MC, seus principais conceitos e ferramentas. Os dois capítulos seguintes tratam a relação da pecuária com as MC e o enfrentamento climático na Costa Rica. O quarto capítulo expõe o método utilizado, com os resultados e a discussão nos tópicos subsequentes.

1 ECONOMIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Análises econômicas podem ser uma boa ferramenta para unir ciência e política (NORDHAUS, 1991a) e, baseada nisso, a economia há quatro décadas se dedica a entender o desafio de preservar o balanço térmico. Além disso, busca também se fazer entendida, ao tentar avaliar caminhos de desenvolvimento econômico capazes de evitar nocivos efeitos climáticos projetados em nossas vidas (NORDHAUS, 2007a; VALE, 2015).

A história da economia das mudanças climáticas (MC) avançou de primárias abordagens qualitativas chegando aos atuais modelos biofísicos, quantitativos e estatísticos (NORDHAUS, 1991b). Porém ainda há muito que se avançar. Além do que sabemos que não sabemos, existem incontáveis temas que sequer sabemos que não sabemos (TOL, 2010). Mas mesmo assim é possível dizer que avanços logrados até aqui têm sido de grande ajuda ao planejamento público climático (NORDHAUS, 2015; VALE, 2015).

O capítulo mostrará como a economia é a principal causadora mas também pode ser a principal solução para a crise climática (MORA MOTTA e LEÓN RODRÍGUEZ, 2016). Primeiro será abordado qual é a externalidade das MC e o caminho adotado pela economia para seu equilíbrio. Em seguida, serão tratados outros relevantes conceitos econômicos relacionados ao tema e, importante, ao final dar-se-á voz a críticos dessas molduras.

1.1 CIÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

É a ciência da natureza que delinea a economia das MC. Cerca de dois séculos depois que Fourier, Tyndall e Arrhenius³ tiveram os primeiros insights sobre a

³ São considerados os pais da ciência climática. Joseph Fourier em 1824, John Tyndall em 1861 e Svante Arrhenius em 1896 publicaram trabalhos pioneiros sobre a interferência antrópica no balanço térmico do planeta. Fonte: Le Treut et al., 2007. **Historical Overview of Climate Change**. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/historical-overview-of-climate-change-science/>>. Acesso em 2 dez. 2019.

perturbação de gases de efeito estufa (GEE) à atmosfera, a premissa é mais verdadeira do que nunca: quanto maior a concentração de GEE, maior o efeito positivo no balanço térmico do planeta (STERN, 2006, p. 7).

Quadro 1 - Relação concentração de GEE x temperatura

PERÍODO/CENÁRIO	CONCENTRAÇÃO	PERTURBAÇÃO
	CO ₂ (ppm)	TÉRMICA
PRÉ REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	288	0
ATUAL	400	+0,85°C
LIMITE IPCC 1,5°C*	430	+1,5°C
LIMITE IPCC 2°C*	450	+2°C

*Esses valores são estimativas e, além da concentração, o fluxo passado e presente das emissões também influencia na perturbação térmica. Nesse caso os cenários assumem redução de emissões durante o século 21 e emissões zero a partir de 2100. “ppm”: partes por milhão.

FONTE: (IPCC, 2014; ECONOMIDES et al., 2018).

Do ponto de vista econômico, podemos separar as emissões de GEE em fluxo e estoque. Aquele são as emissões correntes, esse é a quantidade de GEE acumulada na atmosfera. O dióxido de carbono (CO₂) é o mais importante desses gases e serve como parâmetro unitário de referência. Ele baliza, por exemplo, qual era a concentração de GEE na atmosfera antes da revolução industrial, a atual e qual seu limite, considerando determinado objetivo (Quadro 1).

No longo prazo, o nível de perturbação vai depender muito mais da acumulação do que das emissões de GEE (STERN, 2006). Entretanto, é essa última o ponto de partida de como a economia aborda essa perturbação: uma externalidade global (ECONOMIDES et al., 2018; NORDHAUS, 1991b).

1.2 EMISSÕES COMO EXTERNALIDADES NEGATIVAS

É cristalino que MC são uma externalidade negativa da sociedade e um dos maiores desafios da nossa era (BURCH et al., 2014; IPCC, 2018; TOL, 2018). Economistas classificam a questão como a maior e mais ampla falha de mercado já ocorrida (ECONOMIDES et al., 2018, p. 13), atribuindo a elas três características basilares:

- a) o alcance de seus impactos é global e com distintas intensidades;
- b) a redução das emissões é considerada um bem público;
- c) alguns de seus efeitos são de muito longo prazo, regidos por dinâmicas não lineares e com “contrafeitos” internos⁴.

A relação entre o aumento na temperatura e a concentração atmosférica de GEE pode ser definido nas Equações 1 e 2 respectivamente, delineando a externalidade das MC:

$$T(t) = \alpha \{ g[M(t)] - T(t) \} \quad (1)$$

$$M(t) = \beta E(t) - y M(t), \quad (2)$$

onde:

$T(t)$ é o aumento da temperatura média global em relação a era pré-industrial;

α é o retardo temporal entre o aumento da temperatura e o aumento da radiação atmosférica;

$g []$ representa o fator de aumento na temperatura de acordo com a concentração de GEE;

$M(t)$ é a concentração atmosférica de GEE;

β são os GEE que naturalmente entram na atmosfera;

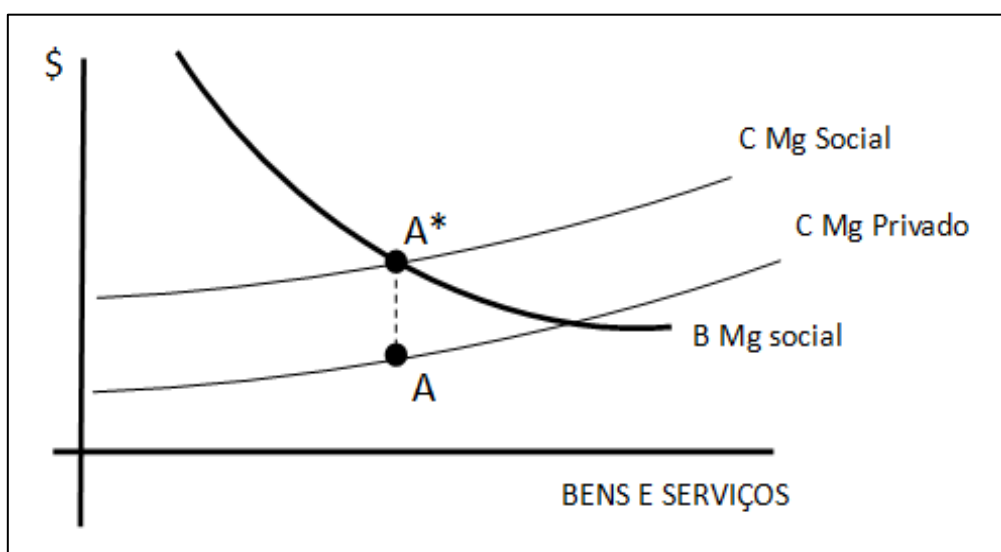
$E(t)$ é emissões antropocêntricas de GEE;

y é a remoção natural de GEE da atmosfera (NORDHAUS, 1991).

⁴ Do inglês “positive feedbacks”, que são efeitos decorrentes do efeito original, podendo atuar como agravantes ou atenuantes desse (ECONOMIDES et al., 2018, p. 53).

Definido que emissões de carbono são o fator físico causador das perturbações climáticas, pode-se definir a externalidade a ser considerada, representada pela área tracejada na Figura 1. Nos pontos com asteriscos, agentes arcam com o custo adicional derivado de emissões de GEE que não suas. Quanto mais bens e serviços são produzidos/ofertados, aumenta-se a área tracejada, i.e., maiores são os custos impostos à sociedade.

Figura 1 - Externalidades das Mudanças Climáticas sobre o bem-estar social



Elaborado pelo autor.

Essas externalidades podem ser definidas de acordo a duas dimensões: natureza e economia. Efeitos na natureza são alterações em seus níveis de equilíbrios bióticos e abióticos. Efeitos econômicos são efeitos que alterem diretamente a função de bem-estar da sociedade, medido pelo poder de compra. Pode-se também definir como sendo efeitos de mercado e “não mercado”. Os primeiros referem-se a bens com compradores e vendedores, com uma existência definida de bens ou serviços negociáveis. Já os segundos são aqueles não percebidos por agentes econômicos como mercadorias negociáveis, ou seja, não existem compradores e vendedores. Esses bens (*e.g.* perdas na biodiversidade e valores culturais) são mais difíceis de serem contabilizados, usualmente requerendo exercícios econômicos de mensuração de preferências para serem incorporados (SZIJÁRTÓ, 2011; TOL, 2002a, 2010). Sob o ponto de vista do ótimo do bem estar

social, ambas as classes de externalidades deveriam ser compensadas pelos responsáveis das emissões de GEE originados na produção/oferta de bens e serviços.

1.3 REFLEXOS ECONÔMICOS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

1.3.1 Reflexos macroeconômicos

Os reflexos econômicos dessa falha de mercado podem ser definidos através de uma função dano, que representa os reflexos da externalidade climática. Tal exercício pode ser feito tanto da perspectiva do consumo quanto da produção (a ser discutido adiante). Consideremos T como sendo a externalidade das MC e teremos:

$$D_t = D(T_t) \quad (3)$$

onde D refere-se aos danos das MC.

Daí, pode-se chegar à função dano do ponto de vista do consumo:

$$U(C_t, T_t) \quad (4)$$

sendo:

U a utilidade das pessoas;

C o consumo.

Ou pode-se ainda chegar à função dano na produção:

$$I(T_t)[P(K, L)] \quad (5)$$

sendo:

I é a alteração na função produção de empresas;

P uma função padrão de produção, com capital (K) e trabalho (L) (ECONOMIDES et al., 2018).

Nessa análise setorial, impactos poderão ocorrer nos mais variados âmbitos dos sistemas social, econômico e ambiental. A contabilização de todos esses efeitos é praticamente impossível e mesmo dentro dos setores analisados as medições são

incompletas (TOL, 2010). Na dimensão ambiental em especial, os impactos irão variar em seu tipo, intensidade e sentido, mas por mais sutis que sejam, podem acarretar indeléveis desequilíbrios ambientais. No caso de fazendeiros por exemplo, a extinção de um inseto por falta de chuvas provavelmente não seria notada por eles, mas poderia ocasionar extinção ou superpopulação de outros animais da cadeia trófica. Aí sim prejuízos poderiam ser percebidos, ao que Stern (2006, p. 71) define como “efeitos combinados” das MC.

Tabela 1 - Estimativas de impactos das Mudanças Climáticas no bem-estar: alguns valores encontrados na literatura

AUTOR	ANO	IMPACTO NO PIB (%)	PERTURBAÇÃO CLIMÁTICA (°C)
d'Arge	1979	-0,6	-0,1
Nordhaus	1982	-3	2,5
Nordhaus	1991	-1	3
Nordhaus	1994	-3,6	3
		-6,7	6
Fankhauser	1995	-1,4	2,5
Tol	1995	-1,9	2,5
Nordhaus and Yang	1996	-1,4	2,5
Mendelsohn et al.	2000	0	2,5
		0,1	2,5
Nordhaus and Boyer	2000	-1,5	2,5
Tol	2002	2,3	1
Maddison	2003	0	2,5
Rehdanz and Maddison	2005	-0,2	0,6
		-0,3	1
Nordhaus	2006	-0,9	3
		-1,1	3
Maddison and Rehdanz	2011	-5,1	3,2
Roson and v. der Mensbrugghe	2012	-2,1	2,9
		-6,1	5,4
Nordhaus	2013	-2	2,9

As estimativas referem-se às "melhores alternativas" (*best guesses*) de cada estudo. Fonte: (TOL, 2018).

Esses impactos podem ser medidos como um todo ou em reflexos intersetoriais. A primeira, a análise macroeconômica, analisa qual impacto o desbalanço térmico causaria ao produto interno bruto (variável D), refletindo o efeito no bem-estar social (variável U). Reduções no produto interno bruto (PIB) representariam menor poder de compra de indivíduos devido a aumento de custos decorrentes das MC. Nesse tocante, estudos em sua larga maioria apontam efeitos negativos próximo a um ou dois pontos percentuais (Tabela 1). Apesar de parecerem pequenos, é preciso ressaltar o elevado grau de incerteza de tais exercícios e da característica “não linear” das MC (*i.e.*, efeitos aumentam em maior proporção em relação às causas).

Para ilustrar melhor esse ponto, tomemos o estudo de Kompas, Pham e Che (2018) como exemplo. Os autores encontraram um potencial de dano de 0,7% ao PIB da Costa Rica para a próxima década. Porém, analisado sob longo prazo, o mesmo alcançaria quase 8% de danos. Por isso a importância de análises cautelosas, para que olhares de curto prazo não apontem soluções errôneas, como subsídios a combustíveis fósseis, por exemplo (TOL, 2018). Tol (2019) afirma que ao invés da frase pronta “um século de MC é igual a um ano de crise econômica”, seria mais adequado dizer que “um século de MC é não menos ruim que uma década de crise econômica”.

1.3.2 Reflexos microeconômicos

Intervenções públicas também causaram reflexos dentro dos próprios setores relacionados. No caso da pecuária, alguns desses impactos podem ser encontradas no Quadro 2. Esse exercício, além de permitir a monetização, pode ser uma forma de aproximar a discussão climática da sociedade. Como define Nordhaus (1993): “a unidade⁵ usada na maioria das análises tem pouca representatividade [...], (no fim das contas) são as variáveis sócio econômicas (...) que ditam os impactos para a sociedade”.

⁵ *Ad hoc*, a temperatura média global.

Quadro 2 - Reflexos microeconômicas de atividades mitigadoras de gases de efeito estufa na pecuária

SETOR IMPACTADO	ATIVIDADE MITIGADORA	REFLEXOS ECONÔMICOS
HÍDRICO	Melhor manejo de terra, proteção de nascentes, diminuição de erosões	Rebanho com engorda mais eficiente e menos suscetível a estresse por calor, segurança hídrica na fazenda, menores gastos com irrigação
SOLO	Presença mais intensiva de rebanhos, de acordo com a capacidade	Menor necessidade de fertilizantes, liberação de áreas para outras finalidades
COMÉRCIO	Produção mais intensiva, de acordo com demanda de mercado	Maiores ganhos por quilo de produto e maior produção
BIODIVERSIDADE	Seleção de espécies vegetais adequadas ao bioma	Mais pastagens para o rebanho, engorda mais rápida
EMPREGO	Melhores práticas de manejo e mecanização	Permite aos fazendeiros ter a mesma produção com menos empregados
IMOBILIÁRIO	Melhorias de produção e de produtividade nas fazendas	Fazendas mais lucrativas têm maior valor de mercado no mercado imobiliário

Fonte: (ARNETH et al., 2019; BABCOCK, 2009; BUSTAMANTE et al., 2014; KALFAGIANNI; KUIK, 2016).

1.4 A EXISTÊNCIA DE CARONAS

A existência de caronas ocorre quando um agente recebe benefícios sem ter que arcar com seus custos (NORDHAUS, 2015). No âmbito climático, essa externalidade pode ocorrer entre as mais diversas esferas de atores econômicos, públicos e privados. Não obstante, sua ocorrência é mais comum em determinadas classes de atividades, como na esfera ambiental por exemplo, onde enquadram-se as MC (NORDHAUS, 2015).

1.4.1 Classificação de bens econômicos

Em uma abordagem econômica, podemos separar os bens de acordo a seus direitos de propriedade e de uso (Quadro 3). As MC se enquadram em um tipo especial de atividades econômicas chamados de bens públicos globais (NORDHAUS, 2007a). Trata-

se de atividades indivisíveis cujas consequências são sentidas por todos os habitantes da terra, ou seja, é quase impossível que benefícios de ações mitigadoras fiquem restritos a seus executores.

Adicional análise pode também ser útil no entendimento da divisão de bens e sua propensão a caronas. MADEIRA (apud CONSTANTI, 2019, p. 47) define seis diferentes classes de bens econômicos - desde o puramente privado até o puramente público - com base em custos de oportunidade (C.O.) e direitos de propriedade (DP). O Quadro 4 mostra tal gradação, onde 1 representa a existência e 0 (zero) a ausência de C.O. ou DP.

Quadro 3 – Tipologia de bens econômicos baseado em rivalidade e exclusividade

		EXCLUSIVIDADE: o uso de uma pessoa impede o uso por outra	
		SIM	NÃO
RIVALIDADE: o uso de uma pessoa diminuiu a possibilidade de uso de outra	SIM	BENS PRIVADOS	BENS DE CLUBE
	NÃO	BENS COMUNS	BEM PÚBLICOS

Fonte: (MANKIW, 2014).

Daí podemos inferir que as MC, um bem público, não possuem uma definição clara de C.O. por seu uso ou não uso, tampouco direitos de propriedade definidos entre atores. Destaque-se o fato de ser a única classe onde os direitos de propriedade de consumidores são inexistentes. Nesse contexto torna-se difícil a apropriada equalização de custos privados de ações mitigadoras e seus decorrentes benefícios externos, ou o contrário, benefícios privados resultantes de custos sociais. Em outras palavras, torna-se

difícil dimensionar (e separar) externalidades entre diferentes atores econômicos, uma questão de desafio governamental e mercadológico.

Quadro 4 - Tipologia de bens econômicos baseado em custos de oportunidade e direitos de propriedade

TIPOS DE BENS	CO DE CONSUMO	DP DE CONSUMIDORES	DP DE PRODUTORES	OBSERVAÇÕES
Bens privados	1	1	1	Puramente privado
Bens não-congestionados	0	1	1	Como museus, parques, estradas (enquanto não-congestionadas)
Bens de livre acesso	1	1	0	O produtor não consegue excluir outros produtores, como na pesca oceânica
Bens semipúblicos	0	1	0	Como recepção de ondas de rádio e televisão
Bens comuns	1	1	(0,1)	O produtor pode excluir outros produtores por regras de acesso
Bens públicos	0	0	0	Puramente público, caso das MC

Fonte: MADEIRA (apud CONSTANTI, 2019 p. 47).

1.4.2 Externalidades do enfrentamento climático

Atividades mitigadoras do clima podem ser de cunho individual (específico) ou sistêmicas (amplas) (EORY et al., 2018). Em separando agentes privados e interesse público, por exemplo, externalidades ocorrerão tanto do privado para o social, quanto no oposto. Pensando no objeto de estudo, melhores práticas de manejo na pecuária podem gerar benefícios privados (ganhos produtivos), mas também externalidades positivas (emissões evitadas). Ambos benefícios quando considerados juntos representarão o benefício social da ação (Equação 6).

$$\text{Benefício Social} = \text{Benefício privado} + \text{benefício externo} \quad (6)$$

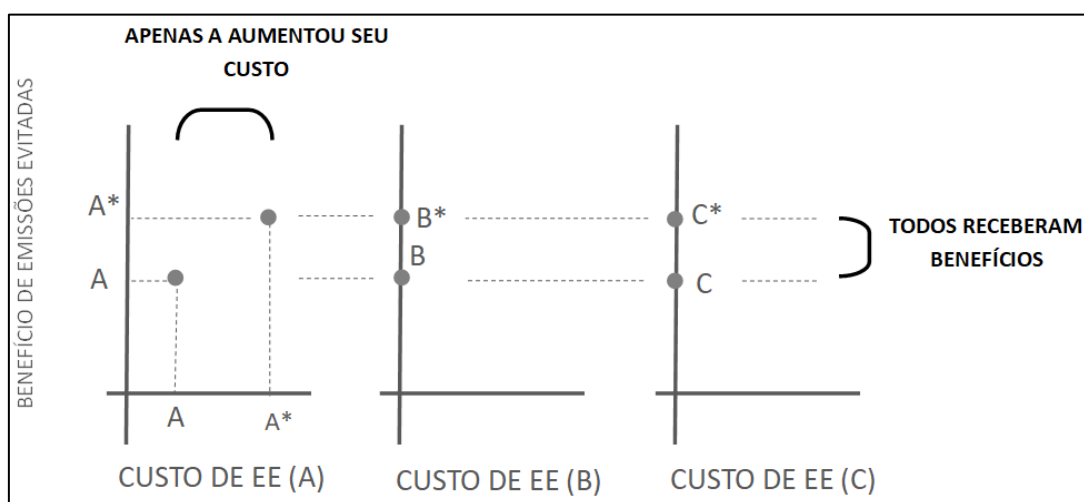
Um adequado enfrentamento climático deveria considerar o benefício social - não apenas o privado - para sua implementação (VENKATESH, 2012). Além disso, ainda que inevitavelmente caronas ocorressem, a crise climática poderia ser enfrentada de um

modo mais eficiente se focasse nesses possíveis cobenefícios, em vez dos riscos (MAYRHOFER e GUPTA, 2015).

No entanto, essa não é a realidade. Ações individuais tendem a ter baixo ou nenhum efeito sobre bens públicos de dimensões globais (ECONOMIDES et al., 2018, p. 52). Ilustremos isso sob o ponto de vista de um único agente econômico: mitigar seus GEE representa um custo; aumentar suas emissões representa aumento de lucros. O agente estará diante da seguinte decisão: (a) se apenas ele mitigar suas emissões, a interferência no quadro climático global será marginalmente zero e, portanto, ele gastou dinheiro “à toa”, (b) se ele aumentar suas emissões, sua contribuição à piora do quadro climático também tenderá a zero, mas dessa vez ele aumentará seus lucros. Entre duas alternativas de igual resultado, uma causando lucro e outra prejuízo, fica óbvio qual decisão racional deveria ser tomada.

Nesse mesmo sentido, Bleyl et al. (2018) oferecem abordagem distinta para o entendimento da matéria. Dividem os (por eles chamados) “múltiplos benefícios” de políticas em três classes, de acordo com seus “beneficiários primários”: (a) participantes (envolvidos diretamente), (b) utilidade (resultados) e (c) sociedade (não envolvidos diretamente). De acordo com os autores, as duas últimas instâncias costumam receber menos valor na tomada de decisões e, se fossem consideradas, poderiam desencadear uma série de efeitos positivos à política, inclusive aos “participantes”.

Figura 2 - Gráfico de caronas no enfrentamento climático



Elaborado pelo autor.

Isso pode ser percebido graficamente na Figura 2. Cada agente (A, B e C) tem sua própria função de custos para diminuir emissões. Se ninguém gastar, benefício nenhum é realizado (pontos sem asterisco). Se um resolve agir (no caso o agente A no ponto A*), os benefícios serão os mesmos para todos. Os pontos com asterisco significam como os agentes ficaram depois da ação de A, e os eixos horizontais representam os custos.

Podemos avançar e aplicar essa lógica ao objeto de estudo. Considerando que todo o investimento da política viesse do governo costarricense, esse seria o agente A, com B e C representando o resto do mundo. O que normalmente interessa a um investidor é se seu “colchete” de benefícios será maior que o de custos. Se a resposta for sim a ação é considerada eficiente, independente de caronas. Se a resposta for não, o planejamento tende a ser abortado, mesmo que os benefícios do investidor e dos caronas somados sejam maiores que os custos. Nas MC, essa mesma dicotomia ocorre em outros diversos momentos.

Pode ser encontrado na escolha entre mitigar hoje para beneficiar gerações futuras ou deixar a tarefa para os jovens de amanhã (ECONOMIDES et al., 2018; NORDHAUS, 2015). Agentes econômicos tendem a adiar ações de mitigação de impactos negativos enquanto esses ainda são pequenos ou imperceptíveis. Se agirmos hoje porém, as gerações futuras possivelmente seriam caronas dessas atitudes. Tal discussão intergeracional ultrapassa o âmbito econômico e envolve também questões éticas, sendo abordado pela economia climática como desconto intergeracional ou vazamento de carbono intergeracional (questão abordada adiante) (VALE, 2015; VAN DER MEIJDEN, VAN DER PLOEG e WITHAGEN, 2017).

O paradigma de caronas pode ainda ser estendido a relações entre empresas e/ou países. Atores privados sentem-se incentivados a tomar proveito de eventuais reduções de emissões de “vizinhos” e, na falta de direitos de propriedade bem definidos, aumentam suas emissões de acordo com seu nível ótimo de produção (NORDHAUS, 1991a, p. 146; 2015).

Em relação a países, como demonstrado na Figura 2, isso pode representar barreiras a implementação de políticas mitigatórias, pois os custos da ação são arcados sozinhos por governos locais, enquanto a divisão de benefícios é compartilhada entre mais de 200 nações “caronas” ao redor do mundo. Poderíamos ainda enquadrar a falha a inúmeras outras perspectivas, como pobres versus ricos ou defensores do aquecimento

global versus céticos. Fato é que diante de tamanha complexidade, ações setoriais (*bottom-up*) vêm ganhando espaço (VALE, 2015), talvez como resposta à incapacidade de um efetivo esquema global de enfrentamento.

1.4.3 O desafio de uma governança climática global

A solução para uma gestão eficiente de bens públicos globais é desafiadora. Bens públicos de um país, por exemplo, têm o governo federal como proprietário e, portanto, responsável pelo bem. No caso das emissões, não há um órgão supranacional de controle que possa se responsabilizar por cobrar e compensar todos os impactados por externalidades (NORDHAUS, 2015). Diante da suscetibilidade a caronas, um entendimento internacional seria crucial para um eficaz enfrentamento climático mundial (SEC, 2007; WEITZMAN, 2014).

Existem alguns estudos dedicados a tentar prever o que aconteceria se uma grande coalização global fosse formada, como um “comitê gestor global de MC”. A maioria desses estudos são baseados na teoria dos jogos, que analisa decisões comportamentais de agentes de acordo com reações de outros jogadores, sendo geralmente moldadas sob três tipos de ambientes: jogos cooperativos, não cooperativos e comportamento previdente⁶. Espera-se melhores resultados no último (e mais recente) modelo - uma espécie de combinação entre cooperação e não cooperação. Porém não é possível definir uma solução ótima, devido a alguns problemas de formulação, como por exemplo a consideração de uma situação de heterogeneidade entre países, premissa absolutamente alheia à realidade (ECONOMIDES et al., 2018, p. 225).

Já Nordhaus (2015) se baseia na teoria de clubes para desenvolver seu pensamento. Clube aqui é definido como um grupo de voluntários que se beneficia da divisão de custos para realizar uma atividade com características de bem público. A autor atribui o sucesso de muitos tratados e acordos internacionais a esse tipo de moldura. Os benefícios de tal compartilhamento são tamanhos que compensam eventuais custos

⁶ Tradução do autor para: *farsighted behavior*.

operacionais e administrativos do bloco. Alianças militares representam um bom exemplo de tal situação.

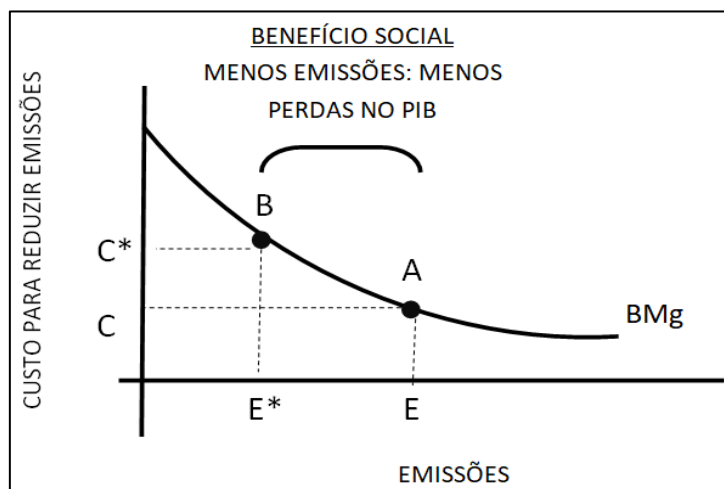
O autor acrescenta ser complexo alcançar os objetivos necessários de mitigação com a formação de uma grande coalização ou um par de blocos de nações. Um bocado de detalhes e acertos deveriam ser muito bem engendrados para que a arrumação funcionasse. Como exemplo, ele cita que sanções comerciais a países não participantes dos blocos seria uma boa alternativa, mas que iria na contramão do livre comércio, algo difícil de se imaginar hoje em dia. O Protocolo de Quioto ilustra o potencial de fracasso desse arranjo. A exclusão de países como Índia e China da responsabilidade de diminuir emissões, transformou esses países em caronas, desincentivando demais participantes a permanecerem engajados no grupo (NORDHAUS, 2007).

Presume-se com isso, ser complexo acabar com a existência de caronas dentro da economia climática, mesmo pensando em coalizações globais efetivas. Ainda assim, (se) superado o problema, o senso comum entre especialistas dita que a precificação do carbono deveria ser o passo seguinte para um adequado combate às MC (STERN, 2006; TOL, 2018).

1.5 QUAL VALOR DO BENEFÍCIO DE EMISSÕES EVITADAS?

O benefício de EE é a redução de potenciais danos econômicos futuros de GEE não lançados (NORDHAUS, 1993). A precificação da tais gases como parte da solução climática é o ponto de maior convergência entre economistas (WEITZMAN, 2014) e representa a passagem do bastão da análise econômica para a execução política (STERN, 2006). A monetização deveria garantir que emissores pudessem ser cobrados integralmente pelos custos de suas ações, sendo com isso levados a buscar caminhos menos carbono-intensivos (ibid.). A figura 3 é um avanço da Figura 1. Evoca-se o benefício das EE, mas dessa vez relacionando o bem-estar a esse custo de reduzir emissões. Denota-se do gráfico que a diferença entre os pontos ótimos, privado (A) e social (B), de emissões demarca o que consideramos o benefício social de não se emitir determinada quantidade de GEE.

Figura 3 - Gráfico do benefício de emissões evitadas



Elaborado pelo autor.

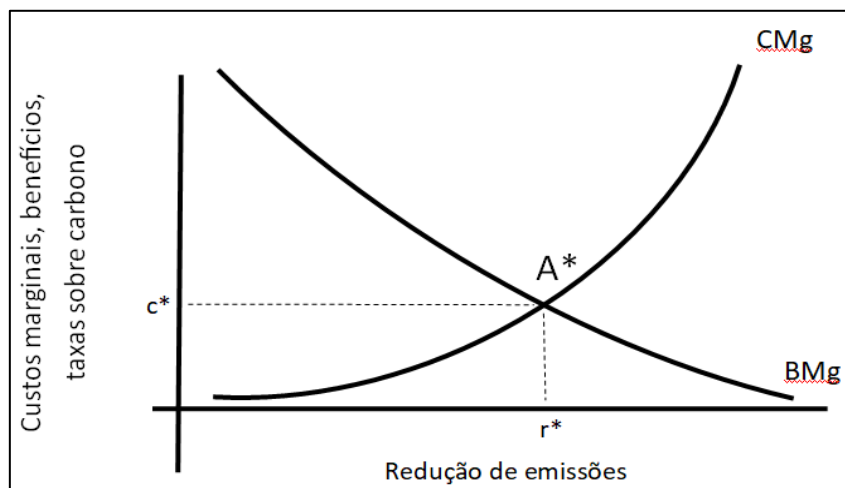
Stern (2006) sugere três características basilares para a valoração desses benefícios:

- a) diferenciação entre curto e longo prazo, garantindo que o primeiro seja convergente aos objetivos do segundo;
- b) definição de um objetivo claro de longo prazo de concentração de GEE, tendo em conta que os danos marginais tendem a se acumular e os custos marginais tendem a baixar ao longo do tempo;
- c) Escolher abordagens flexíveis e harmônicas de adequação ao ponto ótimo.

A monetização desses benefícios encontra variados desafios: impossibilidade de contabilização de efeitos, complexidade de isolá-los, horizonte temporais muito longos, dúvida na relação causa-efeito da temperatura, entre outros. Vale citar dois exemplos concretos: dificuldades em uma robusta monetização de perdas em biodiversidade e incorporação de fortuitos eventos extremos de amplitude global, como alterações em correntes oceânicas. A integral compatibilização e integração de tão diversas classes de impactos poderia “levar uma pessoa normal à loucura” (TOL, 2018). Monetizá-los auxilia na harmonização e consideração de tais impactos. Em adição, isso também irá permitir que se encontre a precificação ótima dos GEE, i.e., o encontro das curvas de custo social

marginal de emitir (CMg) com o benefício social marginal de emitir (BMg), delineando o custo social do carbono (Figura 4).

Figura 4 - Precificação ótima do carbono



Elaborado pelo autor.

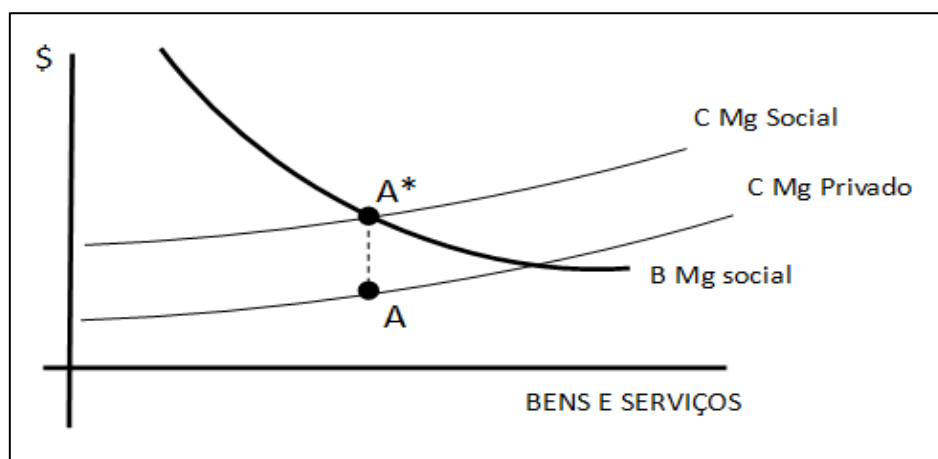
1.6 CUSTO SOCIAL DO CARBONO

O custo social do carbono (CSC) é função direta do bem-estar da população, conceito relativamente novo na disciplina (ECONOMIDES et al., 2018, p. 43). Esse bem-estar é definido como a curva de utilidade ótima de um conjunto de indivíduos quando todas as possíveis alocações desse grupo estão efetuadas (NEWBOLD et al., 2010). Assume-se que aumento de custos com emissões levam a uma redução em gastos da cesta de utilidade de indivíduos, os chamados *constraints*. Logo, o CSC pode ser definido como: “o impacto adicional de emissão adicional de uma t de CO₂” (TOL, 2018). Impacto esse que pode ser positivo para reduções e negativo para emissões.

Pode-se ainda definir o CSC como sendo a representação das externalidades das emissões na sociedade. O CSC é a padronização desses impactos, ou seja, os monetiza e indexa ao padrão CO₂ equivalente (CO₂ eq.). Na Figura 5, o ponto A* representa as emissões no ponto eficiente social e a linha pontilhada representa o CSC ótimo. Tal situação representa a maximização do bem-estar da população, onde benefícios e custos

marginais de emissões de encontram. Por denotar a diferença entre valores de mercado e o preço sombra (*i.e.*, com variáveis ambientais incorporadas), ele também é chamado de “taxa *pigouviana* do carbono⁷” (TOL, 2010). A Tabela 2 traz alguns desses valores encontrados na literatura.

Figura 5 - Gráfico do custo social do carbono



Elaborado pelo autor.

Num fixado período, o CSC deve refletir:

- a) a utilidade marginal social do consumo;
- b) o impacto no consumo de qualquer alteração relevante de temperatura;
- c) o impacto de aumento da temperatura nos estoques de carbono;
- d) o impacto em todos os estoques relevantes do aumento de emissões do carbono, entendido como derivativo parcial (reflexo interno) (ECONOMIDES et al., 2018, p. 93).

Tol (2018) afirma que alguns analistas entendem que os atuais CSC estão abaixo de seus efetivos valores, acarretando políticas climáticas fracas. Isso pode estar acontecendo devido a subestimações de riscos climáticos, análises setoriais incompletas ou diferenças de entendimento em padrões éticos, como aversão a risco, aversão a

⁷ Taxa pigouviana é como ficou conhecida a taxa que deveria internalizar as externalidades de um bem em sua função preço. Trabalho original: Pigou, A.C. *The Economics of Welfare*. Editora Macmillan, London, 1920. Disponível em: <http://files.libertyfund.org/files/1410/0316_Bk.pdf>.

inequidade e preferência temporal. A relação entre esses padrões morais e o CSC é complexa e gera muitas controvérsias, principalmente em relação ao horizonte temporal. Tal discussão ocorre porque o CSC do carbono tende a subir com o tempo, uma vez que também crescem a acumulação e o potencial de danos dos GEE, e isso precisa ser definido de acordo a critérios individuais, quando da construção do valor.

Tabela 2 - Custo social do carbono de algumas literaturas pesquisadas (USD/t CO₂)

TOL (2019)	23,85
NORDHAUS DICE 2016R2 (2016)	30
USEPA (2015)	36
PINDYCK 2019	80*
STERN (2006)	85

* Melhor alternativa (*best guess*), depois de tratamento de dados e eliminação de outliers.

Elaborado pelo autor.

1.6.1 Modelos de cálculo do custo social do carbono

O CSC normalmente é calculado através de modelos simulatórios ou de otimização dinâmica que combinam variáveis climáticas e econômicas e suas interrelações em uma única função (NEWBOLD et al., 2010). Essas abordagens permitem que seus manipuladores incluam todos os valores econômicos resultantes dos potenciais impactos climáticos nos mais variados setores. Em outras palavras, agregam-se as informações possíveis dentro de um cenário de interesse, seleciona as que são suficientemente robustas, calibram-se os dados e executa-se uma função. Obter-se-á com isso um único valor que, espera-se, seja capaz de transmitir o mais fielmente possível todas as informações das variáveis participantes de sua construção. Importante destacar a dificuldade de se implementar um modelo integralmente dinâmico, baixo o caráter especulativo das premissas assumidas e as limitações dos resultados (STERN, 2006; SZIJÁRTÓ, 2011).

Os primeiros modelos utilizados, na década de 70, foram adequações de modelos ecossistêmicos, cujos fluxos físicos eram utilizados como as variáveis de geração ou limitação de GEE (ECONOMIDES et al., 2018). Foi no início da década de 90 que surgiram os primeiros modelos de avaliação integrada (IAM, de seu nome em inglês) entre domínios econômicos e geoclimáticos. Modelos especificamente agrícolas surgiram um pouco mais tarde (FAO, 2015). Pode-se citar como principais predecessores os modelos de Nordhaus (1992), Cline (1992) e Fankhauser (1995) (NEWBOLD et al., 2010; NORDHAUS, 2018a). Essas abordagens pioneiras costumavam considerar apenas perdas econômicas, fato que mudou a partir da metade da década de 90, quando potenciais impactos positivos de MC também foram incorporados (TOL, 2010).

Economides et al. (2018) definem genericamente os modelos econômicos do clima em 6 classes (Anexo A). O grosso dos estudos costuma utilizar a classe de modelos IAM, ainda que pontuais exceções e recentes novas abordagens venham sendo incorporadas (BALINT et al., 2017; VALE, 2015). Os modelos DICE, PAGE e FUND são alguns dos mais utilizados, mas incontáveis outras opções existem. Tal variedade reflete bem a heterogeneidade tema e as diferenças de premissas e parâmetros, adotados por cada autor. A infinidade de preços de carbono vistos hoje em dia é fruto, em parte, dessa multiplicidade de modelos.

1.6.2 O custo social do carbono aplicado a políticas

Assim como qualquer outra política, o bem-estar social deve ser o objetivo-fim de ações públicas (TOL, 2018). O preço sombra serve como o guia para a definição de valores em consonância com tais objetivos (QUINET e BRUNEL, 2019), e pode ser utilizado antes, durante ou depois de projetos (Quadro 5). Uma dessas possibilidades é utilizar esse valor como balizador de esquemas de redução de emissões.

Essa diminuição via preço pode ser incentivada de duas principais maneiras: (a) controle de emissões através de taxas, impostos etc.; ou (b) diminuição de emissões através de melhorias produtivas, através de avanços tecnológicos, logísticos, operacionais. Em alguns desses casos, cria-se um sistema de emissões (*ad hoc* um

mercado de licenças negociáveis), onde pressões de mercado tendem a aumentar a já intrínseca heterogeneidade do CSC.

Quadro 5 - O uso do valor das emissões em distintos momentos de políticas climáticas

MOMENTO	ABORDAGEM	INSTRUMENTOS
ANTES	O preço sombra deve servir como guia para fixar um teto ótimo de emissões ou um ritmo adequado de execução de planos	ACB, ACE, taxa, imposto, subsídio, licenças negociáveis, cotas de emissão
DURANTE	Sugere-se que o valor dos benefícios seja periodicamente analisado durante implementação de políticas, principalmente as de longo prazo, para verificar se estão sendo eficazes e/ou eficientes	ACB, ACE
DEPOIS	O benefício resultante deverá ser calculado vis a vis os custos da política, chegando a um veredito de sua eficácia ou não, servindo como aprendizado para futuras ações	ACB, ACE

ACB: análise custo-benefício, ACE: análise custo-efetividade.
Elaborado pelo autor.

1.6.3 Esquemas de comércio de licenças para emissões de gases de efeito estufa

Esquemas de comércio de emissões são mercados criados para se comprar e vender licenças para emitir GEE ou créditos por EE decorrentes de ações de mitigação climática. Joga-se nesse mercado uma quantidade de licenças para emitir (ou créditos de EE) a um determinado preço inicial - que no “ótimo” deve ser o CSC (QUINET e BRUNEL, 2019) e então atores são livres para negociar a quantidade de títulos que melhor lhe convenha. Cerca de 20% das emissões mundiais de GEE são controladas com algum tipo desse esquema no mundo hoje. (WORLD BANK, 2019, p. 12).

Dentro desses cenários, o preço irá variar de acordo com tendências do mercado (NORDHAUS, 2007a). Crises ou excesso de ofertas podem derrubar preços, ao passo que escassez de licenças ou aceleração econômica podem aumentá-los. Empresas com

menores custos de abatimento de redução comprarão mais licenças e compradores com mais credibilidade tenderão a conseguir melhores barganhas. Fato é que a teoria econômica nos ensina que, no fim das contas, em um mercado perfeito, essas licenças tenderão a ser alocadas da forma mais eficiente possível entre atores envolvidos.

Atualmente o preço de carbono em mercados mundiais vai de USD 1 a 127 por t/CO₂ eq., com mais da metade valorizado a menos de 10 dólares (WORLD BANK, 2019). No setor agrícola ainda há muito debate sobre a efetividade da adoção de esquemas de emissões, principalmente no que tange a viabilidade de seus custos de transação (BABCOCK, 2009; DE CARA e VERMONT, 2011). No entanto, em muitos outros setores esses esquemas já são amplamente executados.

No Sistema de Comércio de Emissões de Carbono da Europa (EU-ETS, de seu nome em inglês⁸), o preço médio da tonelada (t) do carbono era de 28 dólares em 2016, com valores internos variando entre 7 e 71 nos países. Já em mercados internos de emissões de países europeus não participantes do EU-ETS o preço médio foi 75 e o mais alto 175 dólares por t/CO₂. A explicação para isso está na quantidade de compradores e vendedores para cada situação (TOL, 2019). A Figura 6 mostra o preço do carbono no sistema europeu desde 2006, onde é possível perceber a oscilação que o mercado exerce, principalmente em momentos de crises.

Figura 6 - Variação do preço da tonelada de licença de emissão de carbono do EU-ETS, 2008 – 2019 (USD)



Fonte: (Sandbag Climate Campaign 2019).⁹

⁸ European Union Emissions Trading System. Sítio web: <https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en>.

⁹ Sandbag Climate Campaign. Sítio web: <<https://sandbag.org.uk/carbon-price-viewer/>>. Acesso em 3 dez. 2019.

A despeito dessas variações mercadológicas, pode-se perceber uma tendência de redução nos preços estimados do carbono ao longo das últimas décadas. Do mesmo modo, percebe-se uma redução também na variabilidade de valores, ainda que tímida (TOL, 2018). Porém, ainda que estudiosos possam estar lentamente começando a convergir seus modelos, temas como a taxa de desconto do futuro ainda representam áreas de muito desentendimento entre autores.

1.7 O VALOR DO FUTURO NOS MODELOS CLIMÁTICO-ECONÔMICOS

Um dos pontos de maior variabilidade na economia climática é a escolha da taxa de preferência temporal (PRTP, do inglês *pure rate of time preference*), que se refere à importância que cada agente dá para o futuro e é definida pela taxa de desconto. Sua complexa moldura - agregada a conhecimento limitado e incertezas - é o que torna o CSC algo ainda tão flexível (TOL, 2018). Chegar a um consenso nessa área pode ser “tão simples e tão complexo” quanto responder à pergunta “quanto vale o futuro?”.

Desconto refere-se ao arbítrio de se dar menor relevância a uma unidade de um produto ou serviço que possa acontecer no futuro (ECONOMIDES et al., 2018). Visto de outra maneira, é atribuir mais valor a receber um real hoje, do que receber um real amanhã. A PRTP é o peso que economistas atribuem à linha do tempo, para mensurar o tamanho dessa preferência. A isso chamamos de taxa de desconto.

A taxa de desconto pode ser vista do ponto de vista individual ou coletivo (NORDHAUS, 2007b). Naquele, refere-se à opinião de cada agente econômico e pode assumir literalmente qualquer tipo de valor, de acordo com o julgamento individual. Já a segunda, refere-se ao bem-estar de toda uma sociedade, de acordo com o cenário de cada estudo. Nesse caso preferências individuais não são tomadas em conta. O quão preferível será consumir hoje é definido pela escolha da taxa de desconto. Analistas podem se basear em algumas premissas para decidir a taxa de desconto, mas por envolver questões abstratas e filosóficas, no fim das contas essa decisão será discricionária e é o cerne do debate.

Em suma, taxas de desconto intertemporal maiores significam menos importância a custos e benefícios no futuro. Por outro lado, taxa de desconto zero dá a mesma

importância para um real hoje e daqui a 100 anos. Essa escolha causará considerável efeito nos resultados de modelos, principalmente em se tratando de assunto tão amplo e de horizonte tão longo, ainda que incerto, das MC. Porém essa fragilidade também é um dos principais argumentos levantados por críticos das MC e sua modelagem econômica corrente.

Usemos o debate entre dois renomados economistas do clima (Tabela 3) para delinear a discussão. William Nordhaus é um dos pioneiros em análises climáticas, agraciado com o prêmio Nobel em 2018 por suas contribuições ao debate econômico climático. Nicholas Stern é outro relevante economista especializado no tema. Em 2006, um relatório desenvolvido por ele gerou muita discussão por ter destoado dos achados científicos de quase todos os colegas especialistas.

Tabela 3 - Premissas de duas visões destoantes de análises econômicas das mudanças climáticas

INDICADORES	NORDHAUS DICE 2016R2 (2016)	RELATÓRIO STERN (2006)
TAXA DESCONTO (%)	4,25	0,1
CSC (USD)	30	85

Elaborado pelo autor.

Em seu assim chamado “Relatório Stern¹⁰” (STERN, 2006), o autor aumentou bastante o nível de alarde climático visto até então. Dois pontos de seu relatório de mais de 600 páginas foram o combustível principal dos desentendimentos: a taxa de desconto escolhida e o ritmo de redução de emissões ao longo do tempo. O autor usou uma taxa de 0,1% de desconto, baixo a premissa que não temos justificativas éticas para dar menos peso ao bem-estar de gerações futuras, principalmente porque elas não estão aqui para se defender. Além disso, o autor sugeriu que as políticas de mitigação deveriam ser implementadas com medidas drásticas de redução, com os argumentos principais de que: (a) ainda não temos certezas em definir os CSC, por isso o princípio da precaução é o mais adequado em um setor onde o ritmo de substituição de estrutura industrial é grande

¹⁰ O título original da obra é *Stern Review*, que no Brasil ficou conhecido como Relatório Stern.

e letárgico (*e.g.* usinas nucleares e petrolíferas), (b) à medida que vamos postergando a mitigação, os custos de danos no futuro se elevarão, alcançando níveis mais elevados do que o preço a ser pago com uma ação repentina de mitigação. O autor estipulou danos a PIBs da monta de 1 a 5% no tempo presente, mas alcançando até 20% no futuro.

Nordhaus (2007) discorda veementemente dos fundamentos de Stern. Em primeiro lugar ele afirma que uma taxa de desconto tão baixa absolutamente ignora os retornos financeiros para indivíduos¹¹, que são a causa de seu bem-estar. Além disso, acredita que o melhor caminho para políticas de mitigação é um crescimento lento e paulatino na redução das emissões (que ele chama em inglês de *ramp policies*, literalmente “políticas de rampa”). O autor afirma que essa suavidade nas medidas, evitará colapsos no sistema econômico que causariam grandes danos aos retornos de capital das pessoas, acrescentando ainda que tal ritmo daria tempo suficiente para que alternativas aos GEE fossem sendo incorporadas de forma eficaz dentro dos sistemas industriais. Em sua revisão do documento de Stern, o prêmio Nobel acrescenta várias outras fragilidades do relatório, como por exemplo o horizonte temporal extremamente largo, onde mais da metade dos custos se posicionariam a partir de 2800, de acordo com as variáveis da função dano escolhida por aquele.

Tabela 4 - Taxas de desconto encontradas em algumas das literaturas mais recorrentes

USEPA, 2015	3%
NORDHAUS DICE 2016R2, 2016	4,25%
PINDYCK 2019	3%
STERN, 2006	0,1
TOL, 2019	1%

Elaborado pelo autor.

Mais do que dizer quem está certo ou errado, o embate acima descrito serve para delinear como é complexa a discussão sobre a taxa de desconto ideal e como é tênue a

¹¹ Baseado na regra de Hotelling, onde a taxa de desconto deve ser igual a taxa de juros do mercado sobre o consumo, de seu trabalho. Trabalho original: Hotelling, H. (1931): ‘*The economics of exhaustible resources*’, *Journal of Political Economy*, 39(2): 137-175.

linha entre princípios econômicos e questões éticas. Vale (2015) sumariza em 3 principais pontos que explicam a discórdia para o caso acima: (i) o “muito grande” horizonte temporal das MC, (ii) a falta de padronização na escolha de preferências intertemporais e (iii) questões éticas de cunho individual. A Tabela 4 com taxas de desconto encontradas em algumas literaturas, nos mostra que as diferenças metodológicas não ficam restritas à dupla acima citada.

1.8 CUSTO MARGINAL DE ABATIMENTO

Nas sessões anteriores tratou-se de mostrar como a economia pode quantificar os impactos das MC para a sociedade. Agora enfoque será dado aos custos de medidas mitigadores e seu contexto econômico, um ponto onde costuma-se ver menos desentendimentos entre especialistas (MADDISON, 1995).

A emissão (M) de GEE é definida por Tol (2010) numa equação de emissão de carbono (7) de acordo com 4 variáveis:

$$M = P \frac{Y}{P} \frac{E}{Y} \frac{C}{E} \frac{M}{C} \quad (7)$$

onde P é população;

Y é renda;

E é energia;

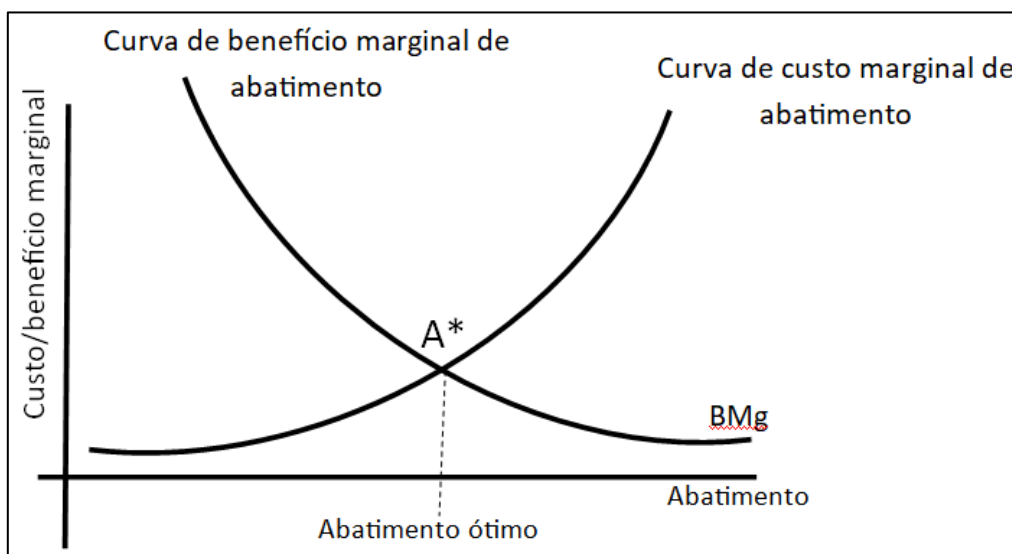
C é dióxido de carbono gerado.

Mexendo-se em qualquer uma dessas quatro variáveis altera-se as emissões, para mais ou para menos. Em seu ponto ótimo, medidas de mitigação de GEE devem ser custo-efetivas e socialmente eficientes, ou seja, devem garantir o atingimento do objetivo proposto a um custo igual ou menor do que o benefício esperado das emissões reduzidas (MACLEOD et al., 2015).

Essa informação normalmente é obtida através de uma Curva de Custo Marginal de Abatimento (CCMA). À luz do presente tema, essa ferramenta irá mostrar o custo de reduzir uma unidade a mais de gás poluente; que quando plotado junto ao benefício

marginal da redução nos levará ao ponto ótimo de abatimento da poluição (EORY et al., 2018), onde benefício e custo marginal se interceptam (Figura 7, ponto A*). Diferentes metodologias podem ser adotadas para sua elaboração, sendo as mais utilizadas: a análise de baixo para cima (*bottom up cost-engineering*), a modelagem microeconômica e os modelos de equilíbrio de demanda (MACLEOD et al., 2015).

Figura 7 - Curva de custo marginal de custos e benefícios de abatimento de emissões



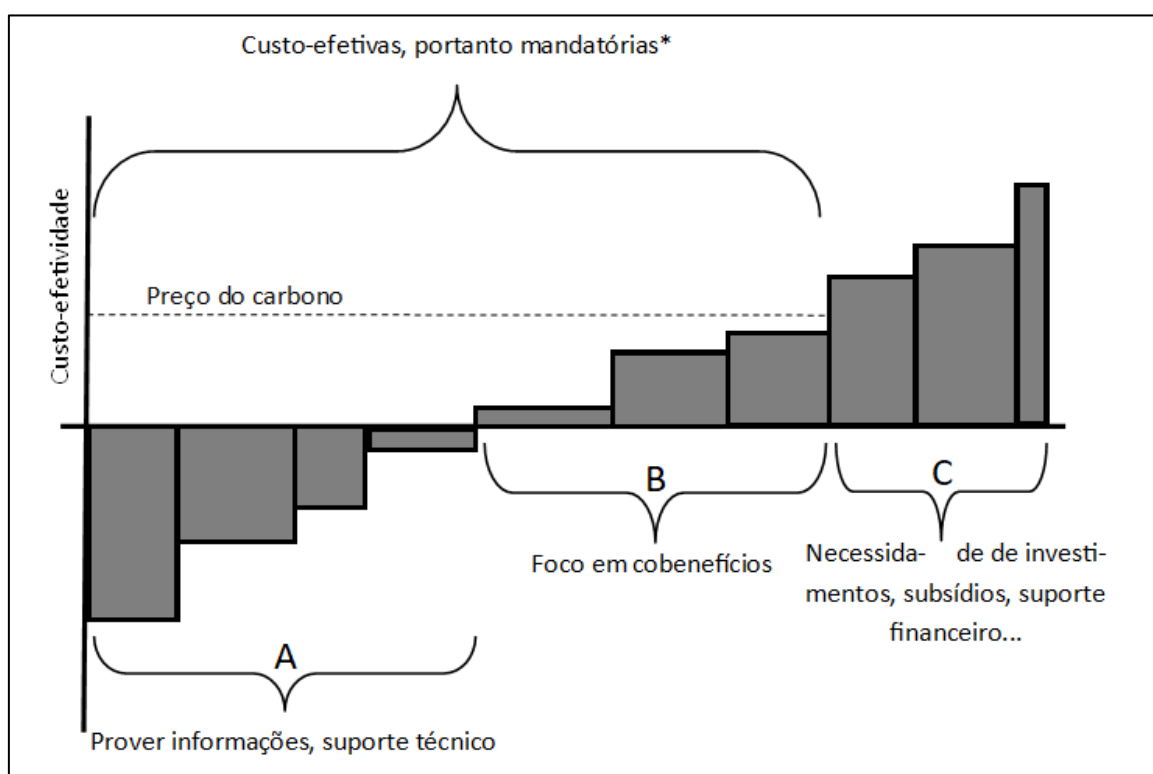
Fonte: (MACLEOD et al., 2015, p. 12).

CCMAs podem ser desenhadas para analisar o custo efetividade de redução de uma externalidade específica. Nesse caso, sua curva costuma ter formato contínuo e suave (como na Figura 7). Entretanto, também podem ser utilizadas para demonstrar diferenças de custo efetividade de diferentes setores. Nesse caso, o desenho costuma ser feito com barras dispostas uma ao lado da outra ao longo do eixo X, onde a largura da barra representa seu potencial de redução de emissões, ao passo que a altura representa seu custo efetividade e sua área o custo total de implantação (Figura 8).

Em tal moldura, CCMAs têm o poder de demonstrar qual o potencial de abatimento de emissões uma medida apresenta, considerando que *ad hoc* todos os fazendeiros adotassem integralmente as medidas sugeridas. Esse aspecto é útil para lideranças políticas escolherem o melhor método de implementação de políticas de

acordo com a atratividade das opções, indicando qual o potencial de abatimento de emissões uma medida apresenta se suas medias forem integralmente adotadas. O planejamento deve ser holístico, ou seja, tomadores de decisão, precisam pensar como “despertar” uma política: por quem ela deve ser iniciada, qual sua relação com outras políticas, reflexos macroeconômicos etc. (EORY et al., 2018).

Figura 8 - CCMA e a relação entre custo-efetividade e incentivo para implementação



*Em teoria

Fonte: (EORY et al., 2018, p. 15).

Para medidas efetivas com custos negativos ou muito baixos, bastariam ações informativas e educativas para atingimento de objetivos (ponto A). Ações que demandam custos medianos de implementação (B) mas ainda assim se mostram efetivas, maior engajamento estatal seria demandando para sua implementação. Já as ações de alto custo e não efetivas (C) são as situações onde uma mais forte atuação estatal seria requerida, exigindo muito cuidado e planejamento para uma adequada intervenção (MCKINSEY, 2009).

Denota-se no parágrafo acima que CCMAAs podem ser uma boa tentativa de incluir a dimensão social ao planejamento político climático. Comparadas à análise custo-benefício (ACB), as CCMAA têm a vantagem de usarem unidades físicas ao invés de monetárias, o que evita a introdução de incertezas adicionais ao cálculo. Entretanto, essas não têm o poder de agregar outras dimensões, como cobenefícios e custos de oportunidades (EORY et al., 2018), apresentando ainda adicionais fragilidades quando do seu uso Macleod et al. (2015):

a) escopo: as fronteiras de análises costumam ser variáveis e/ou imprecisas, gerando estudos enviesados ou limitados;

b) heterogenia e incerteza: CCMAAs são basicamente estáticas, ao passo que os objetos medidos tendem a ser dinâmicos [*e.g.* custos de abatimento (TOL, 2010)]; esse fato agregado ao desconhecimento sobre emissões podem gerar elevados níveis de incerteza;

c) interações: sinergias e efeitos de custos de abatimento são difíceis de se comunicar com CCMAAs, algo que modelos de equilíbrio ou microeconômicos podem fazer com mais facilidade;

d) taxa de desconto: escolhas de taxa de desconto tendem a gerar viés, o uso de cenários pode amenizar o problema;

e) não-inclusão de custos e benefícios paralelos (*ancillaries*): tende a refletir apenas emissões setor-específicas, como já abordado em um dos parágrafos anteriores. Em alguns casos, os efeitos socioeconômicos são até maiores do que os efeitos diretos do clima (HARRISON et al., 2016).

Tais críticas - agregadas às tantas outras do tema - e o considerável grau de incertezas das MC, fazem com que esse empirismo econômico climático ainda seja objeto de intenso debate.

1.9 CRÍTICAS E CETICISMO ÀS MC E À ECONOMIA CLIMÁTICA

Como Popper ensinou há quase um século¹², a força da ciência está em sua capacidade de resistir a refutações. Assim, nessa seção serão discutidas um par de visões divergentes e críticas sobre os conceitos acima tratados. Primeiro será abordado o tema dos descrentes das MC (*climate skeptics*), para depois mostrar críticas que as análises econômicas do clima e da pecuária recebem.

Dentro dos trabalhos analisados nesta empreitada, em nenhum momento percebeu-se qualquer ponta de dúvida à crise climática. Pelo contrário, a grande maioria é enfática em confirmar a veracidade e a emergência do problema. Ainda assim, atualmente vemos uma sociedade ainda receosa em aceitar claramente nossa culpa sobre o desequilíbrio térmico. Figuras proeminentes como o presidente dos EUA¹³, o filho do presidente do Brasil¹⁴ e um dos fundadores do Greenpeace¹⁵ sustentam, grosso modo, que a influência humana no aquecimento é uma armação político-midiática visando lucros de alguns setores. Já o doutor em meteorologia e professor da Universidade do Alagoas, Luiz Molion, afirma que o CO₂ não causa aquecimento atmosférico e chama a substância de “gás da vida”¹⁶.

A abordagem econômica ao clima também recebe críticas. O economista Robert Pindyck (2017) afirma que os modelos IAM (*Integrated Assessment Model*) utilizados são sem utilidade para gestores públicos, dada sua alta arbitrariedade metodológica, falta de conhecimentos climáticos e pouca importância dada a possíveis eventos extremos. Critica ainda o modelo DICE de Nordhaus, citando que sua equação básica de dano é uma função quadrática inversa excessivamente simplificada e comparando o caso ao documento “Limites ao Crescimento” da década de 70¹⁷, cujo alarmismo gerado foi paulatinamente sendo abrandado à medida que suas premissas eram postas à prova. Em sua opinião, economistas devem ter mais transparência e sinceridade em suas análises,

¹² Popper, Karl. A lógica da Pesquisa Científica, 1934 (título original “*Logik der Forschung*”).

¹³ Fonte: BBC: <<https://www.bbc.com/news/world-us-canada-46351940>>. Acesso em 3 dez. 2019.

¹⁴ Fonte: Jornal Correio Braziliense:

<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/politica/2019/07/07/interna_politica,768903/no-frio-carlos-bolsonaro-questiona-o-aquecimento-global.shtml>. Acesso em 3 dez. 2019.

¹⁵ Fonte: Breitbart News: <<https://www.breitbart.com/radio/2019/03/07/greenpeace-founder-global-warming-hoax-pushed-corrupt-scientists-hooked-government-grants/>>. Acesso em 3 dez. 2019.

¹⁶ O Lattes do professor: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4781589E7>; e a entrevista onde faz as afirmações (minuto 7:25):

<https://www.youtube.com/watch?v=CMecSb3dDnY&t=513s>. Acessos em 29 nov. 2019.

¹⁷ Meadows, Donella H. et al. *The Limits To Growth; a Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York :Universe Books, 1972.

devendo explicitar que resultados encontrados por modelos arbitrários são nada mais do que opiniões.

Stern (2016) critica o fato de darmos pouco valor às gerações futuras, afirmando haver uma “discriminação baseada em data de nascimento”. Critica “visões limitadas” de análises econômicas, que resumem todas as variáveis em meros valores econômicos, destacando que não podemos tratar apenas com valores o risco de sumiço comunidades inteiras em pequenas ilhas e áreas costeiras. Por fim, acrescenta haver evidências de resultados enviesados de acordo com a região dos pesquisadores.

Persson et al. (2015) miram suas críticas ao uso generalizado da variável GWP¹⁸ para análise custo efetivas na pecuária, cujo poderia resultar em emissões até 20% para o setor, se comparados à outra unidade comumente usada, o GTP¹⁹. Os autores afirmam que não é questão de uma ser melhor que a outra, mas sim de usar cada uma de acordo com o estudo em questão.

ACBs climáticas também são alvos de algumas críticas. Martin e Pindyck (2015) apontam que elas falham ao não incorporar a possibilidade de grandes catástrofes não marginais, enquanto (MOTTET et al., 2016) afirmam ser demasiadamente frágil montar ACBs baseadas em médias por países – estudos precisariam ser mais sistêmicos. Szijártó (2011) relembra os aspectos difíceis de serem monetizados - custos indiretos e questões éticas e políticas – como entraves ao maior uso da ferramenta e sentem falta de estudos de amplo escopo econômico aplicados a setores ou políticas em específico.

Por fim, ainda que se reconheça que a simplificação de cenários seja algo intrínseco a modelos, talvez os da economia climática ainda não estejam refinados o suficiente (HEAL apud TOL, 2018). Como afirma Pindyck (2017, p.6): “...modelos algumas vezes nos passam a impressão de que sabemos mais do que na realidade realmente sabemos...”. Diante das incertezas e da dimensão inédita das MC, ainda poderá

¹⁸ GWP (*Global Warming Potential*) é uma medida do potencial de aquecimento dos gases sobre um mesmo horizonte temporal, onde o dióxido de carbono representa 1. Isso permite a comparação da nocividade ao sistema térmico de cada gás sob um mesmo parâmetro, mesmo com durações de vida distintas

¹⁹ GTP (*Global Temperature Change Potential*) mede a mudança na temperatura em um período exato no futuro, assumindo a emissão hoje de uma t de CO₂.

ser custoso convencer leigos e céticos sobre o problema, pois sequer os especialistas saibam exatamente o que estão falando²⁰.

Talvez como avanço frente a esses problemas, novas abordagens vêm sendo percebidas na área. Pindyck (2014) chama a atenção para a necessidade de combinações mais sutis entre custos de dano do carbono e a incerteza que resultam. Em outras palavras, clama por uma gradação coerente de variáveis de modelos, em relação a causas e efeitos assistidos. Nesse mesmo sentido, Vale (2015) afirma que novas temáticas estão ganhando espaço na economia climática, como estudos focados em economia de seguros contra catástrofes, economia do comércio e clima e economia da adaptação.

Apesar de ainda não termos o conhecimento completo das MC e seus aspectos econômicos, tais fragilidades não impedem que se continue avançando, pois já temos conhecimento suficiente para decidir se queremos arcar com os custos da ação ou omissão. A presente pesquisa pretende contribuir nesse sentido, propondo avançar com o entendimento de como a consideração de cobenefícios de políticas setoriais de mitigação climática pode alterar sua atratividade, fator que pode ser crucial para o engajamento climático. Diante do arrazoado alude-se a seguinte questão: como a incorporação da externalidade positiva de EE pode alterar a viabilidade de políticas climáticas setoriais? Acredita-se que a incorporação desses cobenefícios tenda a tornar as políticas climáticas mais atrativas do ponto de vista econômico do bem-estar social, baseado nas dimensões globais de seus benefícios frente aos riscos projetados.

²⁰ Afirmação feita em palestra na [London School of Economics and Political Science \(LSE\)](https://www.youtube.com/watch?v=8yuhwgssdKQ), em 2016, minuto 13:30 do vídeo: <<https://www.youtube.com/watch?v=8yuhwgssdKQ>>. Acesso em 2 dez. 2019.

2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A PECUÁRIA

A agropecuária tem e terá um papel cada vez mais proeminente dentro do debate climático em nossas sociedades (NORDHAUS, 1999). Em primeiro lugar porque trata-se de contato direto com recursos naturais, onde bens são manipulados em sua mais primitiva forma. Em segundo lugar porque, excluído o CO₂, o setor atualmente é o maior emissor de GEE de origem antropocêntrica no planeta. Em adição, projeta-se que em 10 ou 12 anos será o maior responsável por emissões integrais, ou seja, incluído o CO₂. Nesse cenário, a criação de animais responde por cerca de 15% das emissões, dois terços originários da pecuária (FAO, 2017, p.3).

Muitas ações de mitigação de GEE no setor podem ser implementadas a relativo baixo custo (BAKAM, BALANA e MATTHEWS, 2012); mas certa letargia ainda é percebida em tal mote (KALFAGIANNI e KUIK, 2016). A pecuária em específico, talvez apresente ainda maior fleuma, dada a baixa demanda por práticas mais sustentáveis, baixo volume de incentivos climático-financeiros e uma certa complexidade analítica de processos produtivos, principalmente em comparações com outros setores agrícolas (BOGAERTS et al., 2017).

Acrescente-se outros dois pontos de destaque ao debate: segurança alimentar e serviços ecossistêmicos. O primeiro é a necessidade mister de se aumentar a produção de alimentos para alimentar todo mundo (SAPKOTA et al., 2019). Entende-se que diminuições na produção global de proteína nadam na contramão do desafio de alimentar os ainda quase 1 bilhão de famintos no mundo (GERBER et al., 2013). Já o último diz respeito ao gradativo aumento do debate ambiental nas últimas décadas, onde cada vez mais tem-se percebido que o bem-estar humano deve ir além da mera exploração de recursos naturais e que a proteção e o uso racional desses bens impactam diretamente nossas vidas. Porém, cabe dizer que além desse poder nocivo, a pecuária também pode ser uma significativa fonte de captura de carbono atmosférico, a diferenciando da maioria dos outros setores.

2.1 COMO A PECUÁRIA AFETA AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

2.1.1 Emissão de gases de efeito estufa na pecuária

A cadeia da pecuária gera GEE de quatro principais fontes: fermentação entérica, manejo de excrementos, produção de ração e consumo de energia (FAO, 2019a). Nas duas primeiras é onde os dois principais gases majoritariamente são produzidos: o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). Esse provém basicamente de reações microbiológicas de nitrato em solos, resultantes de excrementos animais (MACLEOD et al., 2015). Aquele é gerado principalmente da decomposição de matéria orgânica durante fermentação interna em ruminantes e da geração de esterco. Quadro 6 traz essas emissões de acordo a cada estágio da cadeia bovina e atividades emissoras.

Quadro 6 - Principais emissões de GEE na cadeia produtiva da pecuária

ESTÁGIO	ATIVIDADE	GEE	FONTE DE EMISSÃO
Pré-fazenda	Produção de ração	N_2O	Aplicação N sintético Aplicação de esterco Estocagem do esterco no campo Manejo de excrementos Perdas de N_2O relativas a mudanças no uso do solo Queima de biomassa Fixação biológica Emissões da ureia e outros fertilizantes
		CO_2	Uso da energia em operações de campo, transporte e processamento Processos industriais de fertilizantes e rações Mudança no uso do solo relativos a desmatamentos e expansão de lavouras Mudanças no carbono estocado no solo devido práticas de manejo
	Outras atividades	CO_2	Energia relacionada à construção/produção da infraestrutura, equipamentos e produtos para a fazenda
Manejo Animal	Criação de gado	CH_4	Fermentação entérica Manejo de excrementos
		N_2O	Emissão direta e indireta do manejo de esterco
		CO_2	Energia requerida para processos produtivos
Pós-fazenda	Processos logísticos	CH_4	Fermentação entérica de animais transportados vivos
		N_2O	Excrementos de animais transportados vivos
		CO_2 , CH_4 e HFCs	Processamento de produtos: abate, transporte, refrigeração, tratamento de resíduos, empacotamento
	Varejo	CO_2 , CH_4 e HFCs	Transporte, refrigeração, processos operativos

Elaborado pelo autor, baseado em MINAE, IMN (2012); CIAT-MAG, MAG e MINAE (2015); OPIO et al. (2013). Maiores detalhes de características e proporção de cada gás disponíveis no Apêndice A.

O gás carbônico (o CO₂) também faz parte da matriz de emissões da pecuária, mas apenas de forma tangencial. Da porteira para dentro, ele basicamente só é gerado em casos de mudanças de uso de solo, mas essas emissões ainda costumam não ser consideradas devido à alta variabilidade espacial de tipos de solos e a relevância das emissões dos dois primeiros gases (MACLEOD et al., 2015, p.19). Devido a esse último, as emissões da cadeia produtiva tendem a não serem consideradas. Ainda que se perca informações, isso ajuda a manter a consistência estatística, um dos maiores desafios de análises econômicas das MC no setor agrícola (WOLLENBERG et al., 2016).

Outros gases são emitidos dentro da cadeia bovina, mas são tangenciais. A amônia, por exemplo, costuma já estar representada nas emissões de N₂O (MADARI et al., 2011). Há ainda emissões de hidrofluorcarbonetos, mas esses costumam não ser consideradas já que são emissões marginais (CCAC, 2019; GERBER et al., 2013). Como bem definem Wollenberg et al. (2016, p.5): “fica reconhecida a importância dos outros gases e outras fontes ou sumidouros de GEE para a agricultura”, entretanto para se avançar em estudos, restringe-se o metano e o óxido nitroso como fontes.

2.1.2 Mitigação e captura de gases de efeito estufa na pecuária

Melhores práticas em criações de animais permitem não apenas diminuir emissões de GEE, como também podem promover a captura de carbono da atmosfera. Pastagens demonstram capacidade de capturar mais carbono que a maioria das florestas, principalmente as mais antigas e portanto, mais estabilizadas (GARNETT et al., 2017, p.35). Se bem não pode se tornar neutra em emissões, é factível afirmar que melhores práticas bovinas têm potencial para capturar importantes quantidades de carbono, não apenas mitigá-las (Quadro 7).

2.1.2.1 Mitigação

Primeiro vamos tratar de como as emissões podem ser mitigadas. A emissão de metano e nitrogênio, grosso modo, pode ser reduzida de duas formas: (a) em processos que tornem a produção mais intensiva e (b) a alimentação animal mais digestível. Ambas

medidas podem ser convergentes - um rebanho com digestão mais eficiente tende a se tornar mais intensivo.

Entre as principais ações podemos destacar melhoramentos na nutrição animal, melhoramento genético, melhorias no manejo de excrementos e avanços no combate a doenças. Todas essas ações tendem a diminuir a quantidade de emissão dos dois gases por kg de produto final. Obviamente o CO₂ tangencial à pecuária também estará propenso a ser reduzido, mas esse gás é mais relevante para o contexto do sequestro (GERBER et al., 2013).

Quadro 7 - Mecanismos de mitigação e de captura de carbono na pecuária

DIMINUIÇÃO DE EMISSÕES	CAPTURE DE CARBONO
Rebanho com engorda mais rápida	Pastagens bem adaptadas ao ambiente
Manejo adequado de excrementos	Pastagens bem adaptadas ao sistema produtivo
Diminuição em alterações no uso do solo	Seleção de espécies vegetais (campo e floresta)
Alimentação animal de melhor digestibilidade	Aumento de áreas silvícolas e arborizadas
Melhorias na cadeia produtiva bovina	Rotatividade de rebanhos no potreiro
Melhoramento na genética e saúde animal	

Elaborado pelo autor, baseado em GARNETT et al. (2017) e GERBER et al. (2013).

2.1.2.2 Captura

A captura de carbono é estimulada pelo maior ritmo induzido de crescimento de pastagens. Para crescer a planta necessita de carbono, então num cenário onde o crescimento é acelerado, mais carbono será extraído da atmosfera. Esse crescimento tem dois motivos principais: o constante consumo das pastagens que acelera a rebrota e a provisão de nitrogênio ao solo, através de sua excretas. Esse carbono se armazena tanto na parte térrea quanto aérea da planta e quando essa morre, se incorpora ao solo. Uma parte desse carbono é perdida, mas outra boa porção se estabiliza com os componentes do solo. Mais plantas com maiores quantidades de carbono resulta em maiores concentrações desse no solo, durante largos períodos.

Antes de seguir, faz-se oportuno aclarar-se alguns pontos sobre o armazenamento de carbono. Primeiro é necessário entender que quando se menciona emissão refere-se a CO₂, mas quem é capturado é o carbono. Menciona-se CO₂ por fins de praticidade (GARNETT et al., 2017). Deve-se também esclarecer que solos contêm dois tipos de carbono, o orgânico e o inorgânico. Este está presente nos minerais da terra, aquele – aqui tratado – é encontrado em células orgânicas (GARNETT et al., 2017, p. 35). Cabe esclarecer ainda a diferença entre captura e estocagem. Captura é o processo de reter carbono no solo, estoque é o carbono já ali existente. Trazendo para o economês, o primeiro é o fluxo e o segundo é o estoque.

2.1.2.3 Pecuária carbono zero?

É sensato que se imagine que a pecuária poderia se tornar neutra ou até negativa em emissões de GEE. Tem-se o argumento de que plantas com mais fertilizantes significam menos carbono na atmosfera e solos de maior qualidade; onde o pisoteio dos animais seria um complemento benéfico ao processo. Além disso, a fertilização natural de esterco evitaria o uso de fertilizantes sintéticos e, dada a sua relevância econômica e alimentar, a pecuária seria então a solução ótima (do ponto de vista econômico) para o dilema “carne bovina x aquecimento global”. Apesar dessas afirmações serem em parte verdadeiras (sob práticas avançadas de manejo), visto como um todo o argumento é falso (GARNETT et al., 2017).

Em primeiro lugar há que se considerar diferenças locais. A variabilidade quando se trata de fazendas é algo relevante. Fatores como biota, vazamento e transferência de efeitos, irreversibilidade e usos anteriores do solo precisam ser tomados em conta; algo que uma simples generalização não é capaz de considerar (ibid.). Ademais, o carbono ingerido pelo boi (através da alimentação) pode ser expelido sob a forma dos outros dois gases mais perigosos, CH₄ na digestão e N₂H nos excrementos. Por fim, a capacidade dos solos sequestrarem carbono vai diminuindo ao longo do tempo. Portanto a longo prazo, a pecuária tende a sequestrar cada vez menos carbono num mesmo território, até se estabilizar e não mais capturar.

Cabe ainda citar que bois causam alterações no ciclo do nitrogênio, podendo acarretar desequilíbrios ecológicos. Ainda que suas excretas sejam uma importante fonte

de nitrogênio, geralmente eles representam perda de nitrogênio no local em comparação a sua não presença (ASSMANN et al., 2015). Tudo vai depender da quantidade de animais por área e essa relação tende a variar muito, o ponto ótimo de alimentação do boi não é necessariamente o ponto ótimo de crescimento da planta (GARNETT et al., 2017, p.45). Em suma, mesmo sendo falsa a afirmação de que a pecuária pode ser neutra ou negativa em emissão de carbono, dizer que sua prática é puramente prejudicial ao balanço térmico torna-se uma afirmação por demais simplista (id., p.9).

2.2 EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA PECUÁRIA

2.2.1 Mundo

A criação mundial de gado de corte e leiteiro foi responsável por emitir cerca de 4,6 bilhões de t de CO₂eq. em 2010 (FAO, 2019), representando quase 10% de todas as emissões de GEE de atividades humanas (Quadro 8). Como comparação, no mesmo período a emissão da produção de suínos e de frango foi de “apenas” 800 milhões de t cada. Essa acuidade também se percebe intensidade de emissões. Enquanto a produção de carne bovina é responsável por quase 300 kg de CO₂ eq. por kg de produto, suínos e frangos representam menos de 60 kg dessas mesmas emissões.

Quadro 8 - Proporção de emissões de gases de efeito estufa da pecuária global, 2010

NAS EMISSÕES ANTROPOCÊNTRICAS	9,4%
NA AGRICULTURA	65%

Fonte: (GARNETT et al., 2017).

Do total emitido por bovinos, a maior parte origina-se em processos produtivos de carne, ao passo que a produção de leite representa menos de um terço do total emitido. Em relação ao tipo de criação, cerca de um terço origina-se em criações extensivas e 5% em fazendas exclusivas de confinamento. Todo o resto é emitido em unidades mistas, que

combinam esses dois tipos de criação (em diferentes escalas). Na comparação de intensidades por tipo de criação, o confinamento mostra-se a cultura de menor dano climático, em oposição ao sistema de criações em pasto aberto (Tabela 5).

Tabela 5 - Emissões de gases de efeito estufa na pecuária global, 2010 (por tipos de criação)

SISTEMA	INTENSIDADE (kg CO ₂ eq./kg proteína)	PRODUÇÃO (bilhões kg proteína)	EMISSIONES (bilhões kg CO ₂ eq.)
EXTENSIVO	206.3	10,3	2.133
MISTO	138.7	17,3	2.400
CONFINAMENTO	93.2	1,5	142

Fonte: (FAO, 2017)

2.2.2 América Latina

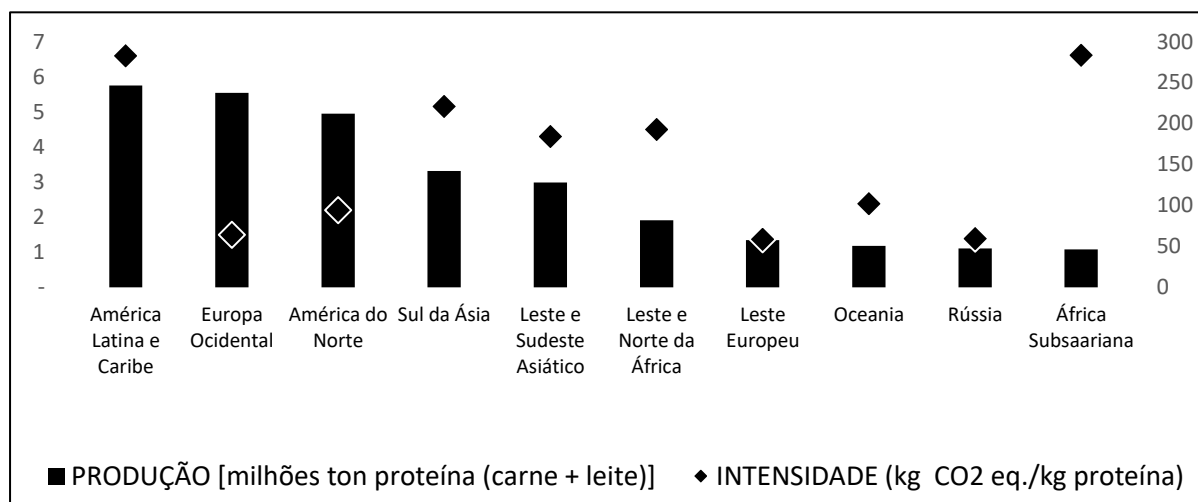
A América Latina e o Caribe é a região com maior emissão absoluta e intensidade do mundo em emissões bovinas de GEE. Emite-se aí 1,6 bilhão de t de CO₂ eq. ao ano, mais que o dobro da segunda maior região emissora. Em relação à intensidade, portamos juntos com a África Subsaariana a maior pegada de carbono por quilo de produto, número quase cinco vezes maior do que o verificado em países europeus (FAO, 2019a).

Quase 60% das emissões da região ocorrem em sistemas extensivos, que correspondem a apenas 40% da produção de carne e leite. Do outro lado, o sistema intensivo é responsável por 3% da produção total com apenas 1,3% das emissões. Quanto ao produto final, a carne representa quase 60% do total produzido, ao passo que suas emissões são responsáveis por 85% de GEE de rebanhos regionais (ibid.).

Nota-se uma significativa variabilidade nas emissões de GEE da pecuária, a depender do tipo de produção praticado e condições locais de geografia, clima e economia, com a região latino-americana mostrando grande relevância nos montantes totais (Figura 9). A análise dessas diferenças pode ser uma importante ferramenta para

guiar a um caminho de menores emissões e maiores produtividades (GARNETT et al., 2017), em consonância com o que já se observa em outras regiões.

Figura 9 - Produção e intensidade de carbono da pecuária global, por regiões



Fonte: (FAO, 2017)

2.3 POTENCIAL E LIMITES PARA MITIGAÇÃO

O potencial de diminuição de GEE da pecuária mundial é consistente (CARDOSO et al., 2016; GERBER et al., 2013), mas incertezas e limitações ainda rondam essa capacidade (USEPA, 2013). Medidas de mitigação na pecuária podem ser suportadas pelo lado da demanda ou da oferta. São incentivadas pela demanda quando fazendeiros se adequam a pressões de consumidores visando não perder mercado ou ampliar suas vendas. Isso se vê, por exemplo, com a atual tendência de se incentivar pessoas a comerem menos carne bovina²¹ ou com a exigência de práticas de cultivo menos nocivas ao meio ambiente, como a moratória da soja no Brasil²² (CARDOSO et al., 2016).

Dito isso, foco aqui será dado a ações mitigadoras adotadas pelos ofertantes, ou seja, práticas incubadas por produtores. Comparado a outros setores, a mitigação de GEE

²¹ “(...) pela primeira vez, diretor da FAO conclama a redução no consumo de carne”, Disponível em: <https://www.fcrn.org.uk/research-library/fao-director-general-calls-reduced-meat-consumption>. Acesso em 21 nov. 2019.

²² Entende-se que a pressão de mercados internacionais foi um dos motivos para a redução, não o único.

pela pecuária apresenta soluções de relativo baixo custo, mesmo não apresentando conceitos bem resolvidos de melhores práticas (MACLEOD et al., 2015; USEPA, 2013). Isso em parte pode ser explicado pela inconsistência de dados e alta variabilidade entre regiões - ou até mesmo entre fazendas vizinhas - no que diz respeito a condições animais, ambientais e socioeconômicas (BEACH et al., 2008; HAVLÍK et al., 2015).

O que se sabe é que em regiões com os maiores rebanhos e menores intensidades, os efeitos mitigadores tender a ser maiores (GERBER et al., 2013). Esse é o caso por exemplo da África, Ásia e América Latina, exatamente onde espera-se um maior incremento de rebanhos para os próximos anos (HAVLÍK et al., 2015; MACLEOD et al., 2015).

Quadro 9 - Estimativas de potencial de mitigação de GEE na pecuária

FONTE	REDUÇÃO EM EMISSÕES (milhões de t CO ₂ eq./ano)	PROPORÇÃO	PARÂMETRO
GERBER, 2013	585 (sequestro)	8% do total de emissões de criações de animais	Melhor manejo de pastagens
	1.100 a 1.800 (redução)	18-30% do total de emissões de criações de animais	Melhores práticas
GARNETT, 2017	295-800 (sequestro)	20-60% do total de emissões de ruminantes em pastagens	Melhores práticas de pastagens
FAO, 2019	1.726 (redução)	37% da pecuária	Seguindo práticas mais carbono eficientes
CARDOSO et al., 2016	-	até 50% das emissões da pecuária	Melhores práticas, principalmente em relação ao solo

NOTA: Estimativas não comparáveis entre si, pois têm métodos e fronteiras distintas.

Elaborado pelo autor.

Assim como existem incertezas e certa falta de experiências de medidas mitigadoras amplamente aceitas (USEPA, 2013), o montante que o setor pode reduzir de suas emissões também varia (Quadro 9). Gerber et al. (2013) estimam que a criação de animais poderia reduzir 30% de suas emissões se todos seguissem as práticas dos 10% mais carbono eficientes. À pecuária caberia a redução de cerca de dois terços desse montante. Neste mesmo raciocínio, afirmam que adotando as práticas de manejo dos 25% mais eficientes, a redução poderia chegar a quase 20%. Já em fazendas de sistemas mistos

(gado de corte + leite), se esperariam reduções de algo entre 14 e 17%. Já Cardoso et al. (2016) afirmam que a pegada de carbono da criação de gados poderia diminuir até 50% se melhores práticas fossem introduzidas, principalmente no que concerne a diminuição nas alterações de uso de solo. Em relação a isso, medidas propostas no presente objeto de estudo (melhor manejo bovino dentro dos poteiros e maiores áreas florestais), vão exatamente de encontro a essa problemática.

Em relação ao potencial de captura de GEE, estudos apontam que sob práticas equilibradas, áreas de atividade bovina poderiam ser responsáveis pelo sequestro de até 600 milhões de t de CO₂ eq. ao ano (FAO, 2013). Sob outra perspectiva, Garnett et al. (2017) afirmam que uma criação de gado sustentável poderia sequestrar entre 295 e 800 milhões de t anuais, ou aproximadamente 20 a 60% de suas próprias emissões. Não obstante, ainda que não se conheça claramente esse potencial, ações mitigadoras já vêm ocorrendo em diversas frentes.

2.3.1 Atividades mitigadoras e seu potencial

Podemos dividir o conjunto de atividades mitigadoras na produção animal em três grandes grupos: maior eficiência alimentar, melhores práticas de manejo de excrementos e melhorias em genética e saúde animal (GERBER et al., 2013). Ainda, pode-se também considerar ações indiretas ao longo da cadeia produtiva que não envolvam diretamente os rebanhos, como melhorias no transporte ou no varejo.

É necessário ter-se em conta certo grau de generalizações ao elencar-se o potencial de mitigação das ações (Quadro 10), já que algumas dessas atividades ainda enfrentam barreiras morais, técnicas ou legais (GERBER et al., 2013; USEPA, 2013). Além disso, existem também medidas com bom potencial de redução, mas ainda carentes de estudos mais refinados para serem implementadas (DOREAU et al., 2014).

Outros avanços paralelos também podem contribuir para a diminuição do carbono bovino, como avanços tecnológicos e ganhos de escala. No entanto, especificidades locais podem influenciar diretamente a eficácia dessas ações, o que quer dizer que uma medida que serve em uma fazenda pode não servir na outra, ou talvez fique ultrapassada com uma nova descoberta.

Quadro 10 - Potenciais de redução de gases de efeito estufa de medidas mitigadoras na pecuária

EFICIÊNCIA ALIMENTAR	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO*	
	CH ₄	N ₂ O
Melhoria na conversão alimentícia	A/M/B, a depender do aditivo	
Antibióticos	B	
Hormônio de crescimento (somatotropina bovina)	B	
Manipulação de rúmen	M/B	
Qualidade da forragem	B	
Intensificação de pastagens	M/B	
Alimentação de precisão	M/B	
MANEJO DE EXCREMENTOS	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO*	
	CH ₄	N ₂ O
Balanço Nutricional		Médio/alto
Manejo de Pastagens	Desc.	Alto (?)
Digestores de excremento	A/M/B, a depender da tecnologia escolhida	Alto
Lagoa de Estabilização	A	
Armazenamento de excrementos	A/M	Varia de alto a Desc., dependendo da prática
Aplicação de excrementos	B/desc., a depender da prática	Alto (?) a Desc, dependendo da prática
Aditivos aplicados aos excrementos	N/A	Alto a médio (?)
MELHORIAS EM GENÉTICA E SAÚDE ANIMAL	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO*	
	CH ₄	N ₂ O
Manejo animal	M/B (?)	Médio/baixo (?)
Manejo reprodutivo	A/M	Alto a médio
AÇÕES PARALELAS	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO*	
	CH ₄	N ₂ O
Áreas florestais	A/M/B (?)	
Melhorias nos processos	A/M/B (?)	Baixo (?)

* Potenciais estimados de redução/sequestro de GEE, em relação a uma combinação de práticas padrões. A: Alto >30%, M: Médio <30 e >10%, B: Baixo <10%. Desc.: desconhecido; (?): incerteza devido à inconsistência/insuficiência de dados ou estudos. Detalhamento das medidas mitigadoras no Apêndice B Elaborado pelo autor, baseado em USEPA (2013); GERBER (2013).

2.3.2 Custos de ações mitigadoras

Enquanto estudos de viabilidade técnica e ambiental de medidas mitigadoras na pecuária são comuns, análises sistêmicas de custos e precificação ainda carecem de avanços (DOREAU et al., 2014; HENDERSON et al., 2015). A maioria dos estudos envolvendo custos de práticas mitigadoras atualmente envolve a construção de curvas de

abatimento de custo marginal, que representam o valor de cada unidade a mais de emissão de carbono evitada (abordado na Seção 1.8).

Quadro 11 - Custos de ações mitigadores de gases de efeito estufa, por tonelada de CO₂ evitado

MEDIDA	ESTIMAÇÃO DE CUSTOS PRINCIPAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (USD de Nov/19)
Suplementos alimentares	15,50 a 87,50 por tCO ₂ eq.
Vacinas de auxílio à fermentação	-141,80 a 72 por tCO ₂ eq.
Melhoria na conversão alimentícia	29,50 a 348 por animal
Antibióticos	4,70 a 10,60 por animal
Hormônio de crescimento (somatotropina bovina)	145 a 354 por animal
Manipulação de rúmen	10,60 a 141,60 por animal
Intensificação de pastagens	-212,40 a 1,10 por animal

Fonte: (MCKINSEY, 2009; USEPA, 2013). Detalhamento das medidas no Apêndice C.

Quadro 12 - Estimativas de custos e benefícios de melhores práticas de manejo de excrementos na pecuária, com e sem geração de energia

MEDIDA	GERAÇÃO DE ENERGIA	ESTIMAÇÃO DE CUSTOS DE CAPITAL INSTALADO (USD)	ESTIMAÇÃO DE CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (USD)	BENEFÍCIOS DA GERAÇÃO DE ENERGIA
Digestor de excremento completo	Com	1.130 por animal	4,00 por animal	76,70 por animal
	Sem	694 por animal	2,40 por animal	-
Digestos de excremento de fluxos	Com	1.520 por animal	2,40 por animal	76,70 por animal
	Sem	932,30 por animal	10,50 por animal	-
Lagoa de estabilização	Com	1.395 por animal	4,00 por animal	76,70 por animal
	Sem	912,30 por animal	2,40 por animal	-

Fonte: (USEPA, 2013). Detalhamento das medidas no Apêndice C.

Um dos grandes problemas de se lidar com custos na agricultura é que estamos falando de bilhões de unidades produtoras (MCKINSEY, 2009), cada qual com sua função custo. Por isso, dados sobre custos de mitigação tendem a ser estimativas médias grosseiras, cujas podem ser mostradas por intensidade de emissão ou custos de manejo (Quadro 11); ou ainda por seus custos e benefícios, aplicado por exemplo em casos de produção de energia com o metano dos excrementos (Quadro 12).

3 ENFRENTAMENTO CLIMÁTICO E A PECUÁRIA NA COSTA RICA

3.1 COSTA RICA E SUA POLÍTICA AMBIENTAL E CLIMÁTICA

Costa Rica²³ é um país de 4,9 milhões de habitantes, situado na América Central e com um território de 51 mil km quadrados. Possui qualidade de vida acima do padrão regional e uma expectativa de vida de maior que a dos norte-americanos (STIGLITZ, 2018). O forte interesse público do país no cuidado a seus recursos naturais tem sido destaque global nas últimas décadas (PORRAS et al., 2012; WALLBOTT e ROSENDAL, 2018).

O país é um dos mais biodiversos do mundo e metade de seu território é coberto por florestas. Um quarto do território do país está sob algum tipo de proteção conservacionista e quase 100% de sua geração de energia elétrica vem de fontes renováveis²⁴. Ainda que muitos problemas ambientais persistam (maior intensidade da região no uso de fertilizantes, por exemplo²⁵), Stiglitz (2018, p. 1) define o país como “uma ponta de esperança de valorização a valores democráticos, sustentáveis e de crescimento econômico inclusivo”.

O engajamento climático no país também é alvo de elogios, ostentando metas ousadas, como por exemplo, ser o primeiro país neutro em carbono em 2021 (WALLBOTT e ROSENDAL, 2018). Em 2019, recebeu o título “Campeões da Terra” das Nações Unidas, por sua atuação destacada frente à crise climática²⁶. Sua Estratégia Nacional de Câmbio Climático (ENBC) está em prática desde 2006 (COSTA RICA, 2015) onde se compromete a reduzir suas emissões em 44% até 2030, em relação ao *business as usual* (Figura 10).

²³ Dados do país extraídos de: <https://www.visitcostarica.com/en/costa-rica/general-information#2>. Acesso em 01/Dez/2019.

²⁴ Fonte: The Independent: <<https://www.independent.co.uk/news/world/americas/costa-rica-electricity-renewable-energy-300-days-2017-record-wind-hydro-solar-water-a8069111.html>>. Acesso em 29 nov. 2019.

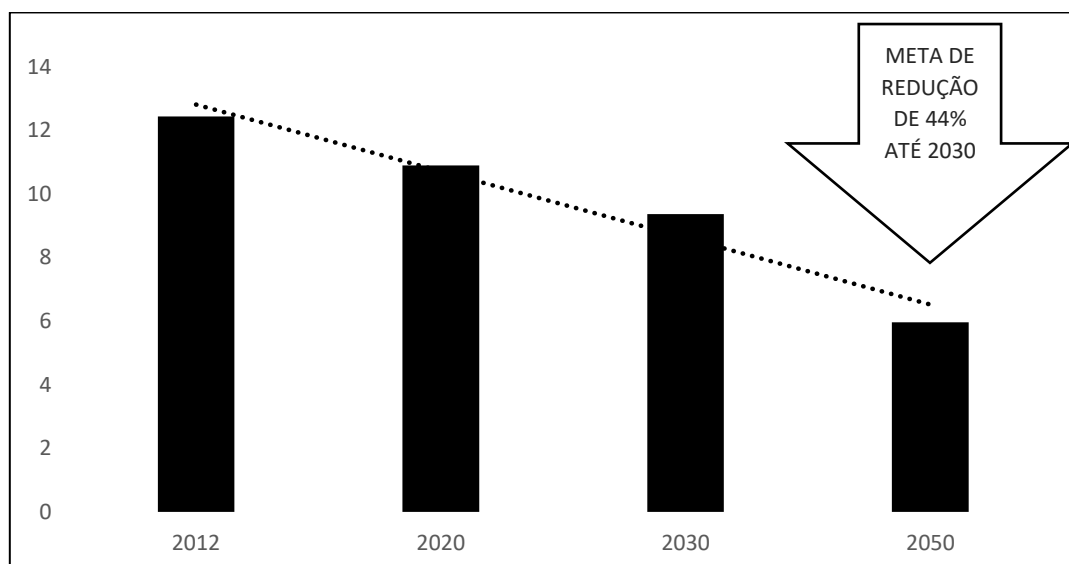
²⁵ Mais sobre isso: <<http://www.mag.go.cr/asuntos-internacionales/Retos-ambientales-CostaRica.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2019.

²⁶ Fonte: Site Oficial Nações Unidas: <<https://news.un.org/es/story/2019/09/1462432>>. Acesso em 29 nov. 2019.

Nesse documento, são traçadas quatro principais linhas para mitigar as emissões costarriquenses de GEE:

- a) redução na demanda energética;
- b) descarbonização do setor energético;
- c) substituição de combustíveis para uso final;
- d) gestão de sumidouros de carbono.

Figura 10 - Meta de redução de emissões de gases de efeito estufa da NDC da Costa Rica (milhões de t CO₂ eq.)



Elaborado pelo autor, baseado em COSTA RICA, 2015.

Uma das meninas dos olhos da política ambiental costarriquenha é seu programa de pagamentos por serviços ambientais, que já protegeu e/ou recuperou mais de 800 mil hectares (ha) de florestas (PORRAS et al., 2012). Boa parte dos fundos que garantem o sustento do programa vêm de taxação de combustíveis fósseis. Porém, ainda que tenha sido cunhado como o mais exitoso projeto de pagamento por serviços ambientais do

mundo²⁷, esse programa atualmente vem sofrendo algumas críticas e enfrentando desafios, como supostos descasos a povos tradicionais, por exemplo.

Por isso, governantes do país têm buscado inovar suas políticas públicas ambientais. Diferente das práticas puramente conservacionistas até então praticadas, atualmente o uso sustentável de recursos naturais tem despertado maior atenção no país. Essa seria uma forma de poder gerar ganhos financeiros a esses povos vulneráveis, mantendo em conta a importância do equilíbrio ambiental (PORRAS et al., 2012). Assim, projetos como o “Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação” (REDD) e as “Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas” (NAMA, de seu nome em inglês), têm ganhado espaço no país nos últimos anos (WALLBOTT e ROSENDAL, 2018).

3.2 PECUÁRIA NA COSTA RICA²⁸

A pecuária é praticada em um terço do território costarriquenho (Tabela 6) e representa substancial relevância na realidade do país (POCH, 2016). Ainda que com menor representatividade em relação à metade do século 20, o setor ainda é a atividade agrícola que mais gera empregos no país, com ligação direta ou indireta a quase 100 setores da economia local, como demandante ou ofertante, representando cerca de 6% do PIB nacional (VILLALOBOS, 2017).

Tabela 6 - Números da pecuária na Costa Rica

Proporção do valor agregado dentro do setor agrícola (2015)	18,5%
Proporção do território nacional utilizado (2014)	33%
Nº de cabeças de gado (2014)	1.278.817
Nº de fazendas com bovinos (2014)	37.171

Fonte: (VILLALOBOS, 2017; CHACÓN et al., 2015).

²⁷ Fonte: Banco Mundial: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/412941468032708713/pdf/368490CR0P098810Summary0WP01PUBLIC1.pdf>>. Acesso em 1º dez. 2019.

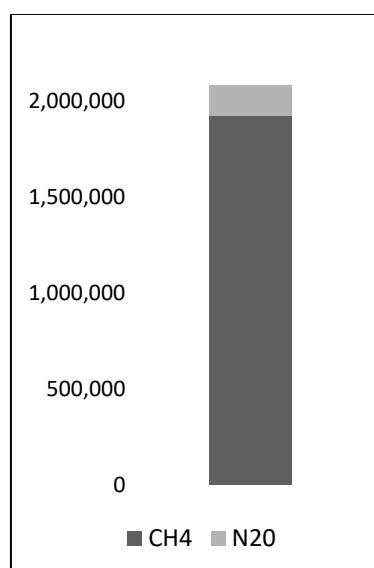
²⁸ Ainda que dados mais atualizados existam, optou-se por usar nessa seção dados do Censo Agropecuario Costarriquenho de 2012, coerente ao objeto de estudo.

As atividades bovinas cobrem cerca de um terço do território e atingem todas as regiões do país (CHACÓN et al., 2015). A característica da maioria das fazendas locais é de pequeno e médio porte, com rebanhos em pastagens abertas, extensões média de 5 a 50 ha e com a pecuária como sua principal fonte de renda (CHACÓN et al., 2015; POCH, 2016). As atividades finais são bem divididas entre produção de carne, leite ou duplo propósito e espera-se um incremento nos rebanhos para as próximas décadas (CIAT-MAG, MAG e MINAE, 2015).

3.2.3 Emissões da pecuária na Costa Rica

Pouco mais de 2 milhões de t CO₂ eq. de GEE são emitidos por ano pela pecuária costarricense²⁹, com o metano representando a quase totalidade dessas emissões (Figura 11). Esse valor representa aproximadamente 17% das emissões antrópicas de GEE da Costa Rica. Sozinha, a fermentação entérica de bovinos é o terceiro setor com mais emissões no país (POCH, 2016), representando mais que o triplo da indústria de minerais, por exemplo (MINAE e IMN, 2012).

Figura 11 - Emissões de gases de efeito estufa na pecuária na Costa Rica, 2016 (t CO₂ eq.)



Fonte: (POCH, 2016).

²⁹ Sem considerar emissões indiretas e mudanças no uso do solo.

Se bem projeta-se crescimento das emissões bovinas para a próxima década e meia, a capacidade de sequestro de GEE também mostra sinais positivos para o setor. Hoje, 70% de todo o carbono sequestrado no país vem de florestas secundárias e árvores localizados em fazendas de gado. Para os próximos anos, espera-se aumento na intensidade de uso do solo pelos rebanhos bovinos, o que tenderá a deixar mais áreas livres para crescimento de florestas jovens, cujas apresentam maior potencial de sequestro de carbono (CIAT-MAG, MAG e MINAE, 2015).

Chama a atenção o fato de emissões de metano representarem a quase totalidade das emissões de bovinos descritas no Inventário de 2012 (usado como base no estudo analisado). Isso provavelmente se deve ao excesso de simplificações e estimativas do inventário. O cálculo considerou apenas três dimensões de fontes emissoras da cadeia bovina (mostradas no Quadro 6): fermentação entérica, manejo de excrementos e emissão direta e indireta do manejo de esterco. Apesar de tais limitações, esse valor serviu de base (Tabela 7) para o cálculo de potencial de emissões evitadas (EE) do objeto de estudo.

Tabela 7 - Linha base de emissões de gases de efeito estufa na pecuária na Costa Rica, 2016 (t CO₂/eq.)

GÁS	TIPO DE FAZENDA			TOTAL
	CORTE	LEITE	DUPLO PROPÓSITO	
CH ₄	939.275	488.957	496.968	1.925.200
N ₂ O	97.902	19.519	40.114	157.535
TOTAL	1.037.177	508.476	537.082	2.082.735

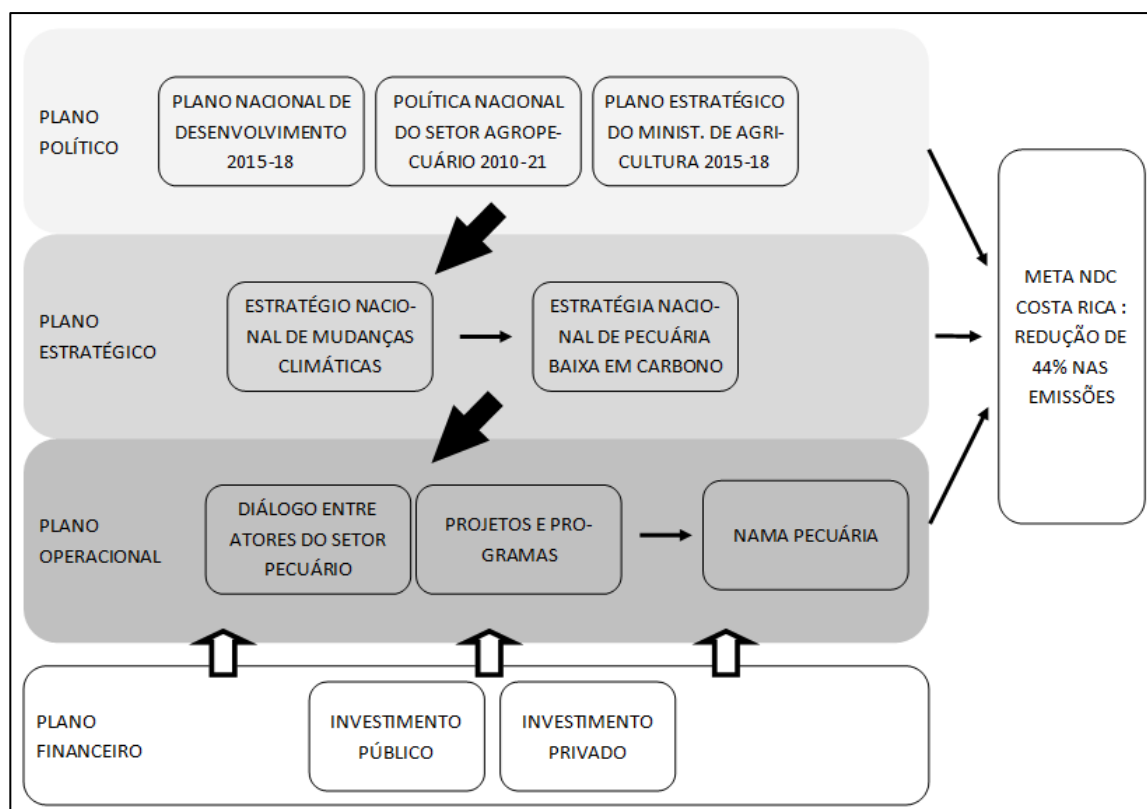
Fonte: (POCH, 2016).

3.3 O PROJETO

O programa de Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (NAMA, de seu nome em inglês) - Pecuária de Baixo Carbono é parte da Política Nacional para o Setor Agropecuário e Desenvolvimento Rural Costarricense – 2010-2021, do Plano Nacional

de Desenvolvimento do país e do Plano Nacional Estratégico do Ministério de Agricultura 2015-2018 (Figura 12), cujo objetivo comum é contribuir para o alcance das metas traçadas dentro do Acordo de Paris.

Figura 12 - Guarda-chuva da política climática no setor pecuário da Costa Rica



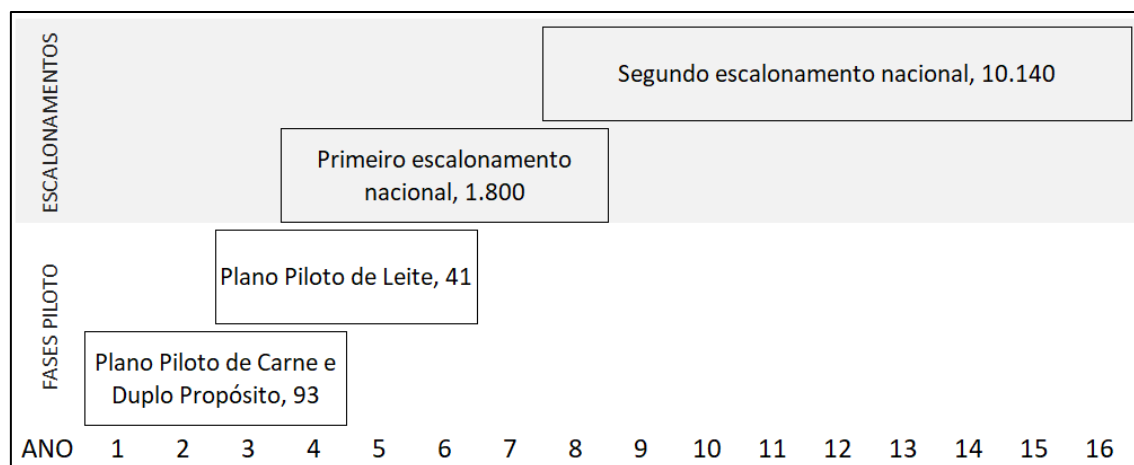
Elaborado pelo autor, baseado em POCH (2016).

3.3.1 Dados/etapas

O programa consiste em prestar apoio técnico, operacional e logístico para melhoramento de práticas agrícolas nas unidades. Esses melhoramentos são diversos e seus impactos dependem de uma série de fatores como estrutura das unidades, aceitabilidade de envolvidos e condições ambientais. O projeto pretende abarcar 3 tipos de sistemas produtivos: pecuária de corte, de leite e sistemas mistos (leite + carne) e sua implementação está prevista para ocorrer em 4 etapas (Figura 13). As duas primeiras fases

- menores e de caráter experimental - iniciaram em 2014, pretendendo servir como um teste às fases subsequentes, bem mais amplas.

Figura 13 - Etapas de implementação e total de fazendas por fase do programa NAMA Pecuária na Costa Rica



Fonte: (POCH, 2016).

3.3.2 Medidas mitigadoras do projeto

O projeto pretende mitigar seus impactos climáticos com 3 principais linhas de atuação:

- a) redução de emissões de metano através de processo que facilitem e melhorem a fermentação entérica;
- b) redução de emissões de óxido nitroso por melhor manejo de excrementos e menor uso de fertilizantes industrializados;
- c) sequestro de carbono através de implementação de cercas vivas, uso mais salutar do solo e incentivos ao crescimento de florestas secundárias;

Essas resultaram em quatro medidas específicas de mitigação (Quadro 13), em adição ao aumento de áreas florestais, todas consideradas para o cálculo de EE do programa.

Quadro 13 - Medidas de mitigação selecionadas para o programa NAMA Pecuária

MEDIDA	EFEITO	DESCRIÇÃO
Pastoreio racional	Diminui emissão de metano	Melhores práticas com o rebanho sobre a terra. Consiste em rodízio do rebanho em lotes menores no potreiro. Isso gera maior produtividade e densidade por área, os pastos crescem com menos fertilizantes, se melhora a digestibilidade do rebanho, torna mais eficiente a conversão energética, melhora o sequestro de carbono do solo
	Aumenta sequestro de carbono	
Cerca viva	Aumenta sequestro de carbono	É complementar ao pastoreio racional, já que consiste na divisão do potreiro em menores lotes com o uso de cercas vivas. A escolha das espécies é muito importante e variam de acordo com cada fazenda. Permite o pastoreio racional, capturam carbono e ainda podem servir de alimento aos animais
Melhoras nas pastagens	Diminui emissões de metano	Consiste em introduzir novas espécies de pastos para alimentação animal, melhorando a produtividade, as taxas de reprodução e a digestibilidade
	Diminui emissões de N ₂ O	
	Aumenta sequestro de carbono	
Melhoras na fertilização	Diminui emissões de N ₂ O	Consiste em técnicas de manejo de excrementos que melhor fertilizem a terra, evitando acúmulo de excremento e ainda evitando o uso de fertilizantes industriais

Fonte: (POCH, 2016).

3.3.3 Potencial de emissões evitadas do projeto

Para se chegar à quantidade esperada de EE, considerou-se como linha base as emissões estimadas na Tabela 7, pouco mais de 2 t de CO₂ eq. A partir daí, analisou-se o quanto cada ação poderia diminuir ou sequestrar de carbono, com base na natureza de cada medida e no tamanho dos rebanhos e territórios (Quadro 14). No cálculo de captura de carbono por florestas, os autores assumiram que uma proporção das pastagens pudesse se tornar florestas sob um sistema produtivo mais sano: 10% em fazendas de corte e mistas e 1% para fazendas leiteiras.

Por fim, dois cenários de EE foram montados de acordo a atividades implementadas. Tais objetivos, se alcançados, poderiam representar quase metade do esforço requerido para alcançar os objetivos climáticos da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, de sua sigla em inglês) do país (Quadro 15).

Quadro 14 - Método para cálculo de potencial de emissões evitadas

MEDIDA MITIGADORA		MÉTODO DE CÁLCULO DE EMISSÕES
Pastoreio racional		Emissão de metano por fazenda por ano= Ingestão de energia bruta*emissões de CH ₄ por unidade*nº de animais
		Emissão de óxido nitroso por excrementos animais nos pastos por fazenda por ano= N depositado por ano*nº animais*Fator de emissão N ₂ O*Fator de conversão de nitrogênio em N ₂ O
		Dióxido de carbono capturado no solo por fazenda por ano= alteração do carbono no solo*nº hectares*Fator de conversão de carbono em CO ₂
Cerca viva		Dióxido de carbono capturado no solo por fazenda por ano= comprimento da cerca (km)*Nº de árvores por km*Captura média de carbono por árvore* Fator de conversão de carbono em CO ₂
Melhoras nas pastagens		Idem a pastoreio racional
Melhoras na fertilização		Redução de emissão de CO ₂ por fazenda por ano= Redução de N ₂ O como N por fazenda*Potencial de aquecimento global do óxido nitroso* Fator de conversão de nitrogênio em N ₂ O
Incentivos a florestas		Dióxido de carbono capturado por floresta por fazenda por ano= Ha de florestas por fazenda*Dióxido de carbono médio capturado por ha de floresta

* Refere-se ao cálculo *ex ante*. Para cálculos *ex post* o estudo sugere estudos adicionais.

Fonte: (POCH, 2016).

Quadro 15 - Cenários e emissões evitadas do programa NAMA Pecuária e sua proporção para a meta nacional da Costa Rica ao longo de 15 anos³⁰

CENÁRIO	ATIVIDADES	EE (t CO₂ eq.)	PROPORÇÃO DE EE/MN*
1	Pastoreio racional + cerca viva + melhor fertilização	2.818.137	38%
2	Pastoreio racional + cerca viva + melhor fertilização + melhor pastagem	3.437.201	46%

*Considera-se MN (meta nacional) a exposta na NDC do país: 44% de redução de emissões em 2030 em comparação ao *business as usual*, o que significa uma meta de EE de 7,4 milhões t/CO₂ eq. Elaborado pelo autor, baseado em (COSTA RICA, 2015; POCH, 2016).

³⁰ Ainda que não explicitado, se considerou o potencial de sequestro de carbono de possíveis florestas a serem cultivadas como parte de “melhor pastagem”. Por isso, as 5 medidas mitigadoras agora são 4, divididas em dois cenários.

3.3.4 Custos e benefícios das medidas mitigadoras

Os impactos considerados como custos e benefícios para cada atividade mitigadora aparecem no Quadro 16 (valores detalhados no Anexo B). Com esses valores em mãos, o estudo empreendeu uma análise financeira, calculando o valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e payback dos investimentos. O estudo estabeleceu como promissores se valores de VPLs fossem maiores que zero, TIRs acima de 10% e paybacks inferiores a cinco anos.

Quadro 16 - Custos e benefícios considerados nas atividades do programa NAMA Pecuária

MEDIDAS	CUSTOS	BENEFÍCIOS	APLICABILIDADE
Pastoreio racional + Cerva viva	Investimento e operacional	Ganhos produtivos	Fazendas de gado de corte, leiteiro e mistas
Melhor pastagem	Investimento e operacional	Ganhos produtivos	Fazendas de gado de corte, leiteiro e mistas
Melhor fertilização	Investimento e operacional	Redução gastos com fertilizantes	Fazendas de gado leiteiro e mistas

Fonte: (POCH, 2016).

Essa análise demonstrou boa perspectiva de lucros para todas as medidas sugeridas (Tabela 8). Há casos em que a TIR alcançou quase 500% e o Payback máximo demonstrado foi de 6 anos, aceitável. Baixo certa cautela, os resultados se mostrariam promissores para se investir na execução do projeto.

Tabela 8 - Análise financeira das medidas mitigadores

	Pastoreio racional + cercas vivas			Melhor pastagem			Melhor fertilização	
	Corte	Leite	Mista	Corte	Leite	Mista	Leite	Mista
INVESTIMENTO POR FAZENDA (USD)	13.940	2.775	15.488	2.689	669	4.667	1.378	1.923
Nº DE FAZENDAS POR MEDIDA	1.004	318	478	1.004	318	478	318	478
VPL (USD)	913	14.714	3.34	1.088	425	2.473	4.115	1.296
TIR (%)	23%	185%	42%	39%	22%	73%	492%	166%
PAYBACK	5,8	0,6	3,2	3,2	6,0	1,6	0,2	0,7

Fonte: POCH (2016).

3.3.5 Investimentos requeridos pelo programa

O total de investimento requerido pelo programa é separado em custos de investimento inicial e custos operacionais. O primeiro foi elaborado com base no número de fazendas por período, média de investimentos requeridos por hectare e a proporção média de territórios atingidos pelo programa dentro das fazendas. O segundo refere-se à soma dos custos mensais de cada ação.

Instituições governamentais e setoriais suportaram a implementação das etapas iniciais, com um investimento de quase 3 milhões de dólares. Já para o próximo degrau, um grande salto de investimentos seria requerido - valor superior a 30 milhões de dólares (Quadro 17). Esse salto representava uma barreira que poderia pôr em risco todo o projeto (POCH, 2016), mesmo diante de promissora análise econômica. De fato, não é raro que tal paradoxo se faça presente em análises de políticas agrícolas (BUSTAMANTE et al., 2014; SAPKOTA et al., 2019).

O estudo aponta uma série de barreiras que para tentar explicar esse ponto contraditório. O excesso de burocracia para conseguir empréstimos é uma delas. A grande presença de pequenos e médios fazendeiros e a atração de investimentos com retornos

mais rápidos também atrapalha. Além disso, os autores ainda citam riscos financeiros e aversão a novos investimentos como barreiras adicionais. Entre os riscos, a própria crise climática que o projeto visa combater é um risco inerente a atividades agrícolas³¹. Já a repulsa a intervenções é racionalizada pelo fato de que fazendeiros tendem a seguir mesmas práticas, sendo difícil convencer um grupo de fazendas a serem os pioneiros a agir diferente, ainda que com benefícios esperados (KARKATSOULIS et al., 2016).

Quadro 17 - Investimentos requeridos por fase do programa NAMA Pecuária

FASE		INVESTIMENTO REQUERIDO (USD)	STATUS	ATORES
1	Plano Piloto de Carne e Duplo Propósito	2.000.000	Em execução	Investimento realizado pelo Sindicato de Pecuáristas da Costa Rica (CORFOGA) e o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAG)
2	Plano Piloto de Leite	874.358	Em execução	Investimento realizado pela <i>Camara Nacional de Produtores de Leite da Costa Rica</i> (CNPL) e <i>Fundecooperación</i> (Instituição privada de investimento em projetos sustentáveis)
3	Primeiro escalonamento nacional	28.568.453 (inv. inicial) + 3.250.026 (custos operacionais)	À espera de recursos	Os atores do setor pecuário costarrriquenho e MAG buscam formas de levantar os fundos requeridos. Cogitam fundos internacionais, grandes bancos e parcerias com o governo
4	Segundo escalonamento nacional	Não detalhado		

Fonte: POCH (2016).

Por fim, o estudo estabelece que grandes instituições financeiras serão requeridas para viabilizar os valores. Sugerem que mesmo com bons potenciais de retorno, seriam necessários estímulos adicionais - tanto para fazendeiros, quanto às instituições financeiras - para a continuidade das ações. Dois incentivos são citados: garantias de crédito e taxas especiais de juros. No entanto, se essas “bondades governamentais” não

³¹ Por exemplo, o risco de estresse por calor em animais. Ver: Howden S.M. & Turnpenny J. *Modelling heat stress and water loss of beef cattle in subtropical Queensland under current climates and climate change*, <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.464.3013&rep=rep1&type=pdf>>.

forem bem planejadas, podem gerar prejuízos sociais e desbalanços econômicos. Por isso a implementação de tais políticas deve ser discutida mais a fundo, para entender por que mesmo diante de cenários positivos (seja privado ou social), correm o risco de estancar.

4 MÉTODO

O objetivo dessa dissertação é estudar como a valoração da externalidade positiva de EE pode alterar a viabilidade de políticas públicas de combate às MC. Optou-se como objeto de estudo uma política de mitigação de GEE no setor pecuário da Costa Rica, o programa NAMA Pecuária.

Teve-se acesso aos detalhes do programa em outubro de 2019, através de um estudo realizado pela empresa POCH Consultoria Ambiental (2016), como parte do processo de análises de viabilidade da continuação do programa. A política já era implementada naquele país há cerca de cinco anos e se encontrava então em um período crítico para sua continuidade. Depois de duas de suas quatro etapas terem sido iniciadas, as etapas seguintes representavam um desafiador salto de investimentos.

O estudo apresenta uma análise financeira sobre investimentos e retornos esperados com medidas mitigadoras propostas. Mesmo encontrando promissores indicadores em tal análise (Tabela 8), enfatizava-se ser grande a chance de estaqueamento da política por insuficiência de fundos. Os autores sugeriam parcerias com grandes instituições financeiras como uma possível solução, salientando inclusive que condições especiais de empréstimos (basicamente subsídios estatais) poderiam fomentar a atração de fundos monetários e até nomeando alguns.

Tal óbice, mesmo em face de promissores indicadores financeiro, causa certa estranheza e leva a três principais questionamentos:

- a) com indicadores financeiros tão promissores, por que suposta dificuldade para levantar os fundos necessários?
- b) ainda que se considere a não apropriação integral dos benefícios pelo país investidor; como a incorporação dos benefícios externos de EE alteraria o cenário?
- c) esta última premissa - se adotada - seria capaz de alterar a viabilidade da política, a ponto de compensar investimentos estatais (a fundo perdido por exemplo)?

Venkatesh (2012) afirma que a consideração da dimensão social e ambiental no planejamento climático é necessária. Logo, diante de tais questionamentos fez-se a opção por aprofundar o estudo financeiro empreendido por Poch (2016), agregando diferentes

dimensões. Passa-se assim de uma análise financeira a uma análise econômica. Essa difere-se daquela por também medir custos e benefícios sociais, ao invés de apenas os privados. Em outras palavras, mede-se o impacto da política para toda a sociedade, incluso e não restrito aos atores envolvidos, no que se considera benefício social (Equação 6).

Ekholm (2018) enfatiza que ACBs são a melhor estratégia a ser escolhida em políticas de mitigação, acrescentado sua utilidade em apontar o nível ótimo de emissões a ser perseguido e sua capacidade de serem efetivas quando calculadas de forma robusta. Mottet et al. (2016) sugerem a análise como uma boa ferramenta para convencer produtores rurais, em casos de insuficiente engajamento. Consonante a isso e entendendo que a ferramenta seria capaz de agregar as externalidades aqui planteadas, optou-se por implementar uma ACB social no objeto de estudo, i.e., envolvendo custos e benefícios integrais do projeto, ainda que de atores diferentes.

4.1 ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO E SEU CONTEXTO CLIMÁTICO

ACBs monetizam e comparam efeitos positivos e negativos esperados com o planejamento de um projeto, relacionando-o com alternativas paralelas e apontando se o projeto deve ou não ser executado. Em contexto climático, costumam pesar os custos de ação com os custos de inação (SZIJÁRTÓ, 2011), ao que Maddison (1995) resumiu como um “exercício de condensar um monte de informações de custos de abatimento de emissão, previsões econômicas e potenciais danos das MC em um único resultado”. Apesar de ainda carregarem muitas incertezas, Tol (2010) defende que ACBs em MC não podem ser ignoradas.

Sua equação basilar pode ser assim definida:

$$\sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (8)$$

onde \sum é o benefício líquido (se negativo, custo);

no tempo presente ($t=0$);

dos benefícios (B) menos os custos (C);

com r sendo a taxa de desconto escolhida para $t=0$ (PNUMA; UNIÃO EUROPEIA, 2017, p. 17).

Esse instrumento, geralmente utilizado em planejamentos *ex ante*, costuma ter sua execução separada por etapas³². Grosso modo, essas etapas iniciam pela identificação de impactos do projeto em comparação à sua não execução, terminando com a seleção e monetização dos impactos considerados efetivamente relevantes. Variadas técnicas podem ser utilizadas nas diferentes etapas e ao cabo do processo custos e benefícios são confrontados. De forma geral, benefícios maiores que custos sugerem que o projeto deveria ser implementado.

ACBs climáticas costumam basear suas análises em função da chamada “noção de bem estar-social”, entendido por economistas como a comparação do consumo de hoje com o consumo de amanhã (DENNIG, 2017). Assim, muitas das atuais ACBs climáticas geram resultados em funções de PIBs, assumindo com isso estarem representando variações de consumo e, portanto, termômetros do bem-estar de sociedades.

Quadro 18 - Definição de custos e benefícios do programa NAMA Pecuária

	AN. FINANCEIRA	AN. ECONÔMICA
CUSTOS	Custos de implementação da política (iniciais + operacionais)	Custos de implementação da política (iniciais + operacionais)
		Custo de oportunidade
BENEFÍ- CIOS	Incrementos de renda dos fazendeiros	Emissões de GEE evitadas
		Benefícios econômicos associados*

* Compreendem os incrementos de renda dos fazendeiros.

Elaborado pelo autor.

No presente caso, deixaremos de focar a análise do risco e focaremos nos potenciais benefícios, sugerido por Mayrhofer e Gupta, (2015) como uma forma mais eficiente de se combater a crise climática. Assim, EE serão incorporadas como benefícios, ao passo que C.O. serão agregados como custos (Quadro 18). O primeiro refere-se aos

³² O número de etapas costuma variar. Por exemplo, a União Europeia define seis etapas (ADAPT, 2019); FAO; PNUD (2018) dividem em sete e HANLEY; SPASH (1993) afirmam ser oito.

reflexos econômicos de danos da emissão de GEE que deixariam de ocorrer em se evitando emissões. O último, incorpora como custo o benefício que a mais benéfica atividade diversa (que não a execução do projeto) geraria para a sociedade, como forma de testar se aquela realmente é a opção mais eficiente de investimento.

Como possíveis impactos do programa NAMA, encontrou-se o seu potencial de EE, os incrementos de renda esperados e o volume de investimentos requeridos. Assume-se assim que GEE não emitidos e incrementos de rendas serão os benefícios do programa, enquanto valores de implementação representarão os custos. Quanto ao horizonte temporal, o período de cinco anos será usado em uma primeira rodada de cálculos, por ser o período em que os custos operacionais estão detalhados. Num segundo momento, se efetuarão análises diversas e com horizontes temporais mais largos. Quadro 19 sumariza esses dados base das ACBs.

Quadro 19 - Informações base da ACB do programa NAMA Pecuária

PERÍODO			5 e 15 ANOS
NÚMERO TOTAL FAZENDAS			1.800
CUSTOS	TOTAL INV. OPERACIONAIS		3.250.025
	INVESTIMENTOS INICIAIS POR FAZENDA	GADO	16.629
		LEITE	4.823
		MISTA	22.079
	INVESTIMENTOS INICIAIS POR TIPO DE ACB	EXTERNO	21.426.340
		SOCIAL	28.568.453
BENEFÍCIOS	EMISSIONES EVITADAS POR FAZENDA (t CO ₂ eq./ano)	GADO	68
		LEITE	2,1
		MISTA	58,2
	INCREMENTOS DE RENDA POR FAZENDA*	CORTE	5.484
		LEITE	13.411
		MISTA	18.585

* Valores variáveis, apresentou-se aqui a média de 15 anos. Dados em dólar americano (nov. 2019), quando não especificado diferente. Detalhamento de informações no Anexo C. Elaborado pelo autor.

Para tanto, fez-se necessária a estimação dos custos operacionais. Do estudo de Poch (2016), percebeu-se que os custos operacionais médios por fazenda eram decrescentes ao longo dos cinco anos (Tabela 9). Inferiu-se ser devido à concentração de

alguns tipos de atividades em períodos iniciais da política, principalmente ações de divulgação e comunicação e projetos-pilotos. Outros custos como de serviços técnicos e administrativos tendem a permanecer os mesmos ao longo do tempo (Tabela completa no Anexo D). Os valores médios operacionais partiram de mais de 6 mil dólares por fazenda e em constante declive, chegaram a 575 dólares por fazenda no ano 5. Por coerência, optou-se então por esse último valor como uma estimativa anual fixa para o futuro, já que ele tende a ter menor influência de custos sazonais iniciais, ao passo que também se adota precaução, uma vez que esses valores seguiam tendência de queda.

Tabela 9 - Investimentos operacionais médios do programa NAMA Pecuária

ANO	1	2	3	4	5
VALOR (USD/fazenda)	6.076	1.557	1.021	670	575

Detalhes no Apêndice D. Elaborado pelo autor

4.2 DIVERSIFICAÇÃO DE CENÁRIOS

Macleod et al. (2015, p. 40) afirmam que estudos comparando diferentes caminhos, sob um mesmo método e um mesmo contexto, costumam fornecer conclusões mais significativas. Por isso, o presente trabalho irá executar as ACBs em diferentes cenários e sob diferentes premissas econômicas. As análises aqui propostas passarão por quatro rodadas de resultados (Quadro 20). As duas primeiras serão as ACBs sob os horizontes temporais de 5 e 15 anos. Na terceira etapa, repete-se ambos os processos, porém com custos de oportunidade incluídos. Ao final, realizar-se-á ainda uma mescla de variáveis econômicas de diferentes autores na mesma ACB, numa assim chamada “análise híbrida”.

Anseia-se com tais manobras, melhorar a robustez de resultados - uma espécie de “contra prova” de resultados – e possibilitar análises e comparação mais profundas. Coerente a isso, cada rodada de resultados será incrementada com diferentes modelagens de ACBs em diferentes cenários econômicos

Quadro 20 – As quatro rodadas de resultados para a ACB NAMA Pecuária

1	ACBs 5 anos
2	ACBs 15 anos
3	ACBs 5 e 15 anos, com custos de oportunidade
4	ACBs híbrida

Elaborado pelo autor.

4.2.1 Duas perspectivas para a análise custo-benefício

Ao definir-se cenários para a pesquisa, não se está querendo descobrir se uma situação é melhor ou mais apropriada que a outra. Busca-se sim, diversificações de resultados que permitam diferentes análises, podendo ainda ser útil para o entendimento do obstáculo financeiro delineado na política e outras possíveis situações que possam surgir. E assim pensou-se para definir os dois tipos de ACBs que ir-se-ão aplicar.

Os investimentos para a continuidade do programa estão ameaçados, mas ao mesmo tempo as atividades propostas apresentam potenciais adicionais de renda a pecuaristas. A análise financeira empreendida por Poch (2016) afirma que as medidas mitigadoras demonstram bons indicadores financeiros para sua implementação – atendendo portanto os interesses privados. Porém, a perspectiva privada nem sempre segue a mesma tendência de análises sociais; é comum encontrarmos políticas públicas que representam custos a atores privados e benefícios à esfera social (MACLEOD et al. 2015, p. 42), especialmente em temas ambientais. De fato, Kalfagianni e Kuik (2016) afirmam ser complexa a total incorporação de custos e benefícios sociais em análises econômicas de políticas públicas, mas enfatizam ser importante tal empreitada. Assim, com base no arrazoado no Capítulo Um, voltemos os olhos às outras duas perspectivas (da Equação 6) não analisadas no estudo de Poch (2016): a externa e a social.

De acordo a isso, definiu-se duas dimensões para ACB (Quadro 21). O primeiro cenário, chamemos de ACB Externa, analisará tão somente os benefícios externos que a política irá causar - custos e benefícios privados serão ignorados. Estão excluídos, por exemplo, os incrementos de renda de pecuaristas. Em adição, será assumido que uma

parte dos investimentos iniciais será bancada pelos próprios fazendeiros. Trata-se de uma prática comum em mercados de empréstimos - ou mesmo em políticas públicas (*e.g.* parcerias público-privadas). Poch (2016) afirma que em situações análogas ao presente caso, o valor comumente liberado para empréstimos cobre 70 a 80% do total do capital requerido, ficando o restante a cargo de outros atores (instituições parceiras, clientes, governo etc.). Tal estimativa é consoante à contrapartida exigida em financiamentos climáticos de bancos como o BID³³, por exemplo (RODRIGUES, MENDES e MUNIZ, 2012, p. 66). Com base nisso, assume-se o valor médio (75%) como o montante a ser levantado para a continuidade do projeto. Logo, o restante é assumido ficar a cargo de qualquer outro agente não público. Em suma, essa abordagem quer perceber se, desconsiderados os rendimentos privados, os custos públicos seriam compensados apenas pelos benefícios externos que EE gerariam.

Na segunda perspectiva, serão englobados tanto esses impactos da esfera externa, quanto os da privada, anteriormente ignorados. Assim, a ACB Social considerará integralmente os investimentos iniciais e operacionais, levando também à inclusão dos benefícios dos ganhos produtivos privados. Já os benefícios de EE permanecem os mesmos, uma vez que são sempre globais.

Quadro 21 - Os dois tipos de ACBs para o programa NAMA Pecuária

TIPO ACB	CUSTOS		BENEFÍCIOS	
	INVESTIMENTO INICIAL	INVESTIMENTOS OPERACIONAIS	EMISSIONES EVITADAS	INCREMENTOS DE RENDA
EXTERNA	público (75%)	-	públicos	-
SOCIAL	público (75%) + privado (25%)	privado	públicos	privados

Elaborado pelo autor.

4.2.2 Cenários econômicos

³³ Banco Interamericano de Desenvolvimento.

O passo seguinte é definir a taxa de desconto e o CSC. A primeira possibilita trazer valores futuros para o tempo presente. O segundo costuma ser usado como régua para indicar o benefício econômico das EE. Assim como na modelagem política, optou-se por usar mais de uma perspectiva para as variáveis econômicas (Quadro 22).

O primeiro é o Modelo Dinâmico Integrado de Clima e Economia (DICE-2016R2), de William Nordhaus (2018b). Trata-se da mais recente atualização fruto de seu modelo pioneiro elaborado em 1992. Sua lógica é observar as MC sob o ponto de vista puro de capitalismo e crescimento econômico. Ele segue caminho ótimo de crescimento conhecido por "Ramsey-Koopmans-Cass", que dita que sociedades investem em bens e serviços e podem fazer a opção de poupar hoje para gastar amanhã. Todos os setores possíveis (econômicos, ambientais, sociais, climáticos etc.) são simulados em seus pontos ótimos. Nordhaus então internaliza os investimentos climáticos nessa moldura, como se fossem outro setor qualquer. Em outras palavras, ele simula uma alocação eficiente de recursos da sociedade, quando descontados os custos de reduzir o uso de carbono e dos danos climáticos. O horizonte temporal do modelo é 2100, depois disso o autor afirma que o modelo passar a portar demasiado grau de imprecisão (NORDHAUS, 2018a).

Quadro 22 - Os três cenários econômicos para a ACB do programa NAMA Pecuária

REFERÊNCIA ECONÔMICA	TX. DE DESCONTO	CSC (USD)	PREMISSA BÁSICA
NORDHAUS DICE 2016R2	4,25	30	MC internalizadas em um modelo de crescimento econômico
RELATÓRIO STERN, 2006	0,1	85	Equidade de importância entre presente e futuro, risco zero com incertezas e necessidade de ação imediata, da qual se gerariam efeitos internos positivos
PINDYCK, 2019	3	80	Razão entre a possibilidade de impactos econômicos extremos e a necessidade de redução de GEE para evitá-los

NOTA: Pindyck: melhor estimativa, excluídos resultados extremos.

Elaborado pelo autor.

O segundo parâmetro econômico baseia-se em Stern (2006). O autor dedica uma urgência muito maior ao enfrentamento climático que Nordhaus, baseado em duas

principais premissas: (a) o autor acredita que uma reação rápida e forte irá desencadear uma série de efeitos paralelos, a ponto de possibilitar o controle eficaz e ainda assim eficiente das MC, (b) o autor dedica grande devoção às incertezas e gerações futuras, assim seu nível de precaução é mais alto que seus pares (WEITZMAN, 2007). Assim, o autor defende CSCs maiores e uma taxa de desconto próximo a zero, por acreditar que temos o dever moral de não ameaçar a existência de gerações futuras, por menor que sejam os riscos ou incertezas. O único motivo para não usar uma taxa zero como preferência ao futuro, é devido ao fato de ínfima possibilidade que existe de um evento extremo acabar com a vida na Terra. Para suas predições no trabalho de 2006, o autor se baseou em dados do relatório IPCC de 2001³⁴ e utilizou o modelo PAGE2002, afirmando ser um dos únicos capazes de captar com mais exatidão os riscos climáticos.

Nosso terceiro e último parâmetro será baseado no economista Pindyck (2019). Nesse trabalho, o autor critica os modelos IAMs pelo emprego excessivo de variáveis arbitrárias em seus cálculos, além da insuficiente consideração da possibilidade de eventos extremos. Ele adota então uma abordagem diferente às duas antecessoras. O autor realiza uma pesquisa com experts, onde esses devem responder: (a) as probabilidades de impactos extremos das MC na economia e (b) a redução de emissão de GEE necessária para evitar tais impactos. Juntadas todas as respostas, o CSC será definido pela razão entre os valores médios do VPL de (a) sobre o valor médio definido por (b). A variabilidade de respostas variou bastante entre grupos de experts e também sua localização geográfica, por isso o autor conclui não ter chegado a um valor único em seu exercício, mas sim uma melhor alternativa, excluindo os valores de cauda.

Optou-se por essas três abordagens com base em alguns princípios. Em relação aos dois primeiros, trata-se de uma oposição clássica de ideias dentro da corrente econômica climática (VALE, 2015). Ainda que estudiosos em sua maioria tenham pensamentos similares ao de Nordhaus (WEITZMAN, 2007), as ideias defendidas por Stern foram importante como um contraponto ao senso corrente visto até então. Seu relatório contribuiu para o debate do enfrentamento climático (NORDHAUS, 2007b) e sua ideia de políticas públicas e desconto do futuro continuam sendo defendidas até hoje, mesmo depois de mais de uma década de refutações (STERN, 2016). Já Pindyck surge

³⁴ IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). Terceiro Relatório de Análise das Mudanças Climáticas, 2001. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/>.

com um contraponto a essas duas visões, com uma abordagem bem diferente, além de ser um trabalho mais recente e fruto de uma consulta junto a uma série de especialistas.

Faz-se necessário observar que o próprio CSC é endógeno à taxa de desconto. Por isso, a ideia de se optar pela taxa de desconto e pelo CSC de um mesmo especialista é para que todos os *inputs* usados nos cálculos sigam uma mesma lógica, ajudando a preservar a robustez estatística. A mescla de variáveis (na 4ª rodada de resultados) servirá apenas para fins de análise de sensibilidade.

4.2.3 Custo de oportunidade

Calcular o C.O. de um investimento é agregar o benefício de uma opção alternativa na função custo do projeto, representando o benefício que se está deixando de fazer em virtude da escolha principal. No contexto climático, a abordagem mais comum é considerar o cenário “não política”, ou seja, o cenário onde a política não é executada. Nesses casos, o C.O. seria aquilo que a sociedade abre mão para permitir a execução da política, também chamado de “sacrifício da política climática” (REZAI, 2011).

Na análise específica de uma política setorial, essa abordagem pode não ser a mais adequada. A não aplicação da política, em nosso caso, significaria a manutenção do statu quo nas fazendas, que seguiriam suas atividades econômicas normalmente. A capacidade econômico ambiental de seus capitais tampouco seria afetada, pelo contrário, possivelmente geraria melhorias em tais características (BABCOCK, 2009).

Já em relação à sociedade, a externalidade da não execução do programa significaria a não anulação das emissões projetadas, esse sim um valor considerável. Porém, rememoremos que esse efeito é transfronteiriço dentro da atmosfera global, portanto os danos diretos à população costarriquenha seriam marginais. Diante disso, adotou-se um C.O. zero na primeira modelagem das ACBs.

No entanto, a incorporação de tal conceito faz-se fundamental (BUSTAMANTE et al., 2014), seja para fins de comparabilidade, seja para evitar arguições contrárias (TOMAN e SHOGREN, 2000, p.5). A opção mais lógica seria a análise de projetos alternativos ao objeto de estudo (REZAI, 2011). Entretanto, por tratarmos especificamente de mitigação em um setor específico, faz-se necessário permanecer fiel

aos meios e aos fins do programa alvo. Apesar do raciocínio ser simples, montar cenários alternativos dentro dessas premissas não é tão trivial (TOMAN e SHOGREN, 2000, p.6).

Para ser consistente, a referência precisa ser concernente ao tema da política e a suas características: quer-se uma alternativa de mitigação de GEE na cadeia pecuarista. Poder-se-ia simular programas similares, como o REDD, porém esse costuma ser praticado em áreas de florestamento ou reflorestamento. Sua aplicabilidade a fazendas de gado não seria a ideal: possivelmente, os custos de compensação financeira requeridos para pecuaristas transformarem pastagens em florestas seriam inviáveis.

Assim, se buscaram alternativas de mitigação inerentes ao manejo bovino e que não tivessem sido contempladas no programa NAMA. Sapkota et al. (2019) empreenderam análise de custo efetividade de uma série de políticas mitigadoras agrícolas. Para a pecuária, as opções que se mostraram mais custo-efetivas (que não foram consideradas no NAMA) foram canalização de biogás e incrementos à ração bovina, com adição de grãos e legumes. A opção de aditivos químicos na ração também apresentou boa custo efetividade, no entanto, segundo os próprios autores, o capital financeiro exigido para sua adoção é exorbitante para países em desenvolvimento e pequenas unidades rurais. Logo, optou-se por considerar como C.O. a execução dessas duas atividades mitigadoras nas 1.800 fazendas do programa NAMA.

Tais medidas - biogás e ração concentrada- teriam capacidade de gerar impactos positivos de EE e de benefícios econômicos associados (BEA), esses originados do cálculo entre custos de implementação e custos líquidos. Por serem custo-efetivas, ambas medidas demonstraram custo líquido negativo e, portanto, BEA positivos. Chegou-se ao valor de EE anuais através de média de bovinos por fazenda e o potencial de mitigação de cada animal, ao passo que BEA foram calculados por animal. Os rebanhos bovinos na Costa Rica costumam ser abatidos com 2 anos e 8 meses na média (HOLMANN et al., 2008). Para o objeto de estudo, estimou-se esse ritmo de reposição de rebanho a cada 3 anos, a fim de harmonizar o cálculo e, acima de tudo, por precaução (maiores detalhes nos cálculos das medidas alternativas no Apêndice E).

Próximo passo é a definição das premissas do C.O. para cada tipo de ACB, onde uma consideração faz-se necessária. Consoante à modelagem até aqui delineada, o C.O. das ACBs Externas deveria captar os impactos externos da política. Grosso modo, iríamos considerar o impacto das EE e o custo social da ação para os atores “não pecuária”. No

entanto os BEA gerados pelas duas medidas alternativas não especificam quais benefícios permaneceriam na pecuária e quais seriam concernentes ao governo e/ou demais setores econômicos. Calculado apenas com o benefício das EE e descontado o custo total da implantação, teríamos um C.O. negativo e sua agregação não faria sentido.

Assim, apenas ACBs Sociais terão seu C.O. implementado, onde variáveis serão incluídas integralmente, sem importar seu encadeamento: estando na dimensão externa ou privada, pertencem ao social (Quadro 23). Logo, o C.O. social irá considerar os benefícios das EE, adicionados aos BEA e descontados os custos de implantação, das duas atividades mitigadoras eleitas (Quadro 24).

Quadro 23 – O custo de oportunidade das medidas alternativas

MEDIDAS MITIGADORAS ALTERNATIVAS: GERAÇÃO DE BIOGÁS e RAÇÃO CONCENTRADA		
C.O. NA ACB SOCIAL	CUSTOS	custos de implementação
	BENEFÍCIOS	EE + BEA (Benef. econ. associados)

Elaborado pelo autor.

Quadro 24 – Informações base do custo de oportunidade da ACB Social, 5 e 15 anos

5 ANOS	EE (t CO ₂ eq.)	130.403
	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	13.924.790
	BEA	18.556.838
	CUSTO LÍQUIDO	-4.632.048
	VALOR C.O. SOCIAL	N 8.544.149
		S 15.716.335
		P 15.064.318
15 ANOS	EE (t CO ₂ eq.)	758.853
	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	52.273.494
	BEA	70.295.438
	CUSTO LÍQUIDO	-18.021.944
	VALOR C.O. SOCIAL	N 40.787.545
		S 82.524.481
		P 78.730.214

Valores em USD (nov. 2019), quando não especificado diferente.

Elaborado pelo autor.

Definido o C.O., fez-se necessário ponderar os valores encontrados entre cenários principal e alternativo. Esses montantes precisam estar dimensionados de acordo aos recursos físicos e financeiros do programa NAMA, para uma equânime comparação. Assim, a equalização de custos e benefícios entre objeto de estudo e opção alternativa pode ser feita através de um função linear de custos em relação a EE, para encontrar o fator de ponderação (Equação 8):

$$z=w*k/y \quad (8)$$

onde:

z: benefício do NAMA;

w: custos do NAMA;

k: benefícios das medidas alternativas;

y: custos das medidas alternativas.

Quadro 25 - Equiparação de custos e benefícios entre NAMA e medidas alternativas, cenário Social Nordhaus 5 anos

ACB SOCIAL NORDHAUS 5 ANOS					
RAÇ+BIOG		NAMA		COMPENSAÇÃO DE VALORES	
BEN (EE+IR)	22.468.940	BEN (EE+IR)	43.750.933		
CUST (100%)	13.924.791	CUST (100%)	31.818.478	51.342.063	1.17

Elaborado pelo autor (cálculos para 15 anos no Apêndice F).

O valor encontrado na equação é dividido pelo valor real do benefício de NAMA (z), chegando então ao fator de compensação (Quadro 25) e aplicando-o aos valores das medidas alternativas. Entre as diferentes premissas econômicas, esses valores iam alterar-se na mesma proporção, dado que CSC e taxa de desconto seriam iguais em ambos os lados da equação. Portanto, aplicou-se aos demais o valor encontrado para Nordhaus.

4.2.4 Cenários híbridos

Efetuar-se-á ainda uma última rodada de resultados com variáveis misturadas, a fins de ver se surgirá algum resultado fora da curva e ainda permitir possíveis análises sobre a pertinência de uma variável em detrimento a outra. Será agregado em um único cenário, a menor taxa de desconto junto ao mais baixo CSC do carbono, e vice-e-versa. Simplificando, misturou-se as variáveis de Nordhaus e Stern, dando origem ao cenário Híbrido Menos (menor taxa de desconto com menor CSC) e o Híbrido Mais (maior taxa de desconto com maior CSC) (Quadro 26). Lembremo-nos que CSCs e taxas de desconto são variáveis correlacionados, de acordo a cada especialista. Por isso, essa etapa será considerada apenas dentro desse contexto aqui exposto e será descartada em comparações gerais.

Quadro 26 - Cenários híbridos da ACB do programa NAMA Pecuária

CENÁRIO	TAXA DE DESCONTO	CSC (USD)
HÍBRIDO MENOS	0,01% (Stern)	30 (Nordhaus)
HÍBRIDO MAIS	4,25% (Nordhaus)	85 (Stern)

Elaborado pelo autor.

Por fim, ilimitadas outras agregações seriam possíveis, mas acredita-se que a moldura montada (Quadro 27) possibilite uma análise clara e robusta de resultados, que ajudem a entender como a consideração de benefícios externos de políticas climáticas podem alterar sua viabilidade.

Quadro 27 - Rodadas e cenários de resultados da ACB

RODADA 1			N	S	P
			t: 4,25%	t: 0,1%	t: 3%
			csc: 30	csc: 85	csc: 80
ACBs 5 ANOS	E	C: 75% B: EE	EN5	ES5	EP5
	S	C: 100% B: EE+IR	SN5	SS5	SP5
RODADA 2			N	S	P
			t: 4,25%	t: 0,1%	t: 3%
			csc: 30	csc: 85	csc: 80
ACBs 15 ANOS	E	C: 75% B: EE	EN15	ES15	EP15
	S	C: 100% B: EE+IR	SN15	SS15	SP15
RODADA 3			N	S	P
			t: 4,25%	t: 0,1%	t: 3%
			csc: 30	csc: 85	csc: 80
ACBs COM CUSTOS DE OPORTUNIDADE	5 anos S	C: 100% B: EE+BEA	SN 5C	SS 5C	SP 5C
	15 anos S	C: 100% B: EE+BEA	SN 15C	SS 15C	SP 15C
RODADA 4			MAIS	MENOS	
			t: 4,25%	t: 0,01%	
			csc: 85	csc: 30	
ACBs 15 ANOS HÍBRIDAS	E	C: 75% B: EE	HE+	HE-	
	S	C: 100% B: EE+IR	HS+	HS-	

TIPOS DE ACB: **E** - externo, **S** – social; CENÁRIO ECONÔMICOS: **N** - Nordhaus, **S** - Stern, **P** = Pindyck; **tx**: taxa de desconto, **csc**: custos social do carbono, **C**: custos, **B**: benefícios, **EE**: emissões evitadas, **IR**: incrementos de renda, **BEA**: benefícios econômicos associados.
Elaborado pelo autor.

4.3 FRONTEIRAS

Algumas premissas precisam ser aclaradas antes dos resultados. Para começar, a ACB não está avaliando um setor ou país isoladamente. Assume-se aqui que custos serão bancados por um ou mais agentes, mas os benefícios, se existentes, serão globais. Assim,

ainda que resultados se mostrem custo eficientes, podem não ser economicamente atraentes do ponto de vista individual (conforme figura 2).

A segunda premissa a ser aclarada é que trata-se apenas da terceira etapa do programa NAMA Pecuária (Figura 13). Nesse contexto, optou-se por trabalhar com os dados do estudo original do programa, ainda que dados mais recentes estejam disponíveis. Um novo Inventário de GEE foi realizado na Costa Rica em 2017³⁵, com métodos mais avançados e dados mais detalhados. Porém, o estudo usou dados do Inventário de 2012, quer por sua vez baseou-se na metodologia do então mais recente guia de inventários de GEE do Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006). Como explicado na sessão 2.2.3, essas emissões foram medidas com substanciais níveis de simplificações.

Cabe ainda dizer que as EE consideradas em nosso cálculo fazem referência à adoção integral das práticas mitigadoras sugeridas no projeto. O estudo trouxe dois valores como potenciais de EE do programa, de acordo com a número de práticas mitigadoras adotadas. Como o valor total de investimento resulta do cenário onde todas as práticas são adotadas, esse será a premissa aqui assumida. Logo, o potencial de EE do programa aqui adotado será 3.437.201 t CO₂ eq., conforme cenário 2 do Quadro 15.

Já o C.O. foi calculado com base em médias de rebanho e de unidades rurais. Chegou-se às EE tomando-se em consideração o tamanho do rebanho a ser afetado pela política, de onde se chegou a um número médio de cabeças por fazenda, para aí sim construir a série histórica. Além disso, o custo das medidas mitigadoras alternativas foi calculado para a pecuária da Índia, cuja realidade possivelmente difere da realidade costarriquenha.

Por fim, todos os valores de dólar foram utilizados de acordo com seus estudos originais, portanto talvez haja certo descompasso inflacionário entre valores. Isso é quase irrelevante para Pindyck e Nordhaus pois o trabalho daquele é de 2019 e o preço usado por esse segue vigente em seu modelo. Merece uma aclaração o caso de Stern, cujo valor foi definido em trabalho de 2006. Ainda que seu trabalho tenha década e meia de sua publicação, por conservadorismo optou-se em manter o valor original, tendo-se em conta o baixo valor que o próprio autor dá a descontos futuros em seus trabalhos. Nas demais

³⁵ *Inventario de Gases de Efecto Invernadero*, disponível em: <<http://www.digeca.go.cr/inventario-de-gases-de-efecto-invernadero>>.

partes do trabalho, sempre que não houver uma indicação diferente, considerou-se o dólar americano com cotação de novembro/dezembro de 2019.

5 RESULTADOS

Na primeira rodada, todos os resultados de ACBs³⁶ Sociais se mostraram positivos, ao passo que todos os externos deram negativos. A relação benefício sobre custo (b/c) mais alta (1,71) foi encontrada no cenário SS, ao passo que a mais baixa (0,27) ficou com EM (Tabela 10). Os VPLs variaram entre quase USD 14 milhões negativos e USD 22,5 milhões positivos (Tabela 11). A análise gráfica de benefício líquido mostra bem a distinção entre os tipos de ACB, com todos os cenários Sociais apresentando seus paybacks antes de terceiro ano (Figura 14).

Tabela 10 - Relação benefício/custo das ACBs 5 anos, rodada 1

RODADA 1			N	S	P
			t: 4,25%	t: 0,1%	t: 3%
			csc: 30	csc: 85	csc: 80
ACBs 5 ANOS	E	C: 75% B: EE	0,27	0,77	0,72
	S	C: 100% B: EE+IR	1,36	1,71	1,67

Elaborado pelo autor.

Tabela 11 - Valores presente líquidos das ACBs 5 anos, rodada 1

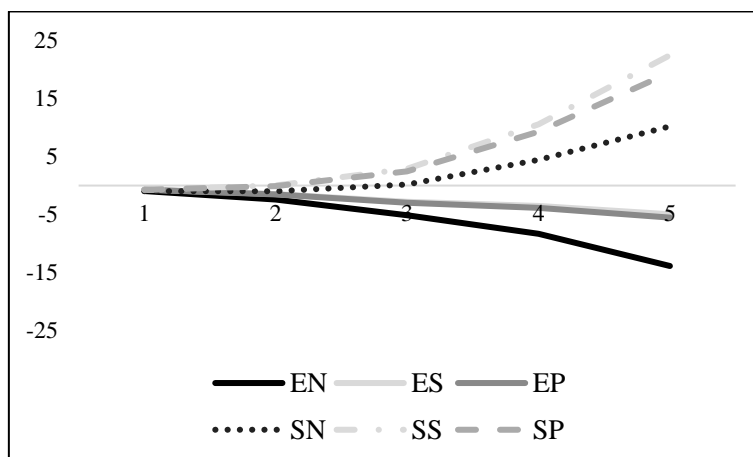
	N	S	P
E	-13.888.250	-4.958.316	-5.532.911
S	10.217.701	22.503.550	19.520.816

Valores em USD.

Elaborado pelo autor.

³⁶ Uma tabela completa de uma ACB de cada rodada pode ser encontrada nos Apêndices G, H e I.

Figura 14 - Benefício líquido acumulado das ACBs 5 anos, rodada 1



Eixo y: milhões de USD; eixo x: anos.

Elaborado pelo autor.

A análise com horizonte mais amplo trouxe diferentes resultados. Nesta segunda rodada, todas as relações b/c deram acima de unidade (Tabela 12). Logo, todos os VPL também se mostraram positivos, variando de USD 5 a 264 milhões (Tabela 13). SS apresentou a maior b/c, com 7,31, enquanto EN apresentou o menor valor, 1,27. O gráfico do benefício líquido dessa rodada mostra que todas as políticas, exceto EN, alcançariam seus paybacks na primeira metade do período (Figura 15).

Tabela 12 - Relação benefício/custo das ACBs 15 anos, rodada 2

RODADA 2			N	S	P
			t: 4,25%	t: 0,1%	t: 3%
			csc: 30	csc: 85	csc: 80
ACBs 15 ANOS	E	C: 75% B: EE	1,27	4,45	3,60
	S	C: 100% B: EE+IR	5,24	7,31	6,43

Elaborado pelo autor.

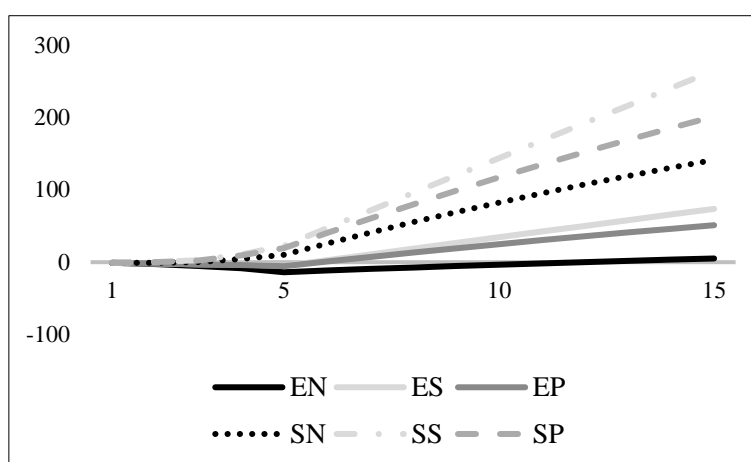
Tabela 13 - Valores presente líquidos das ACBs 15 anos, rodada 2

	N	S	P
E	5.116.648	73.685.560	51.099.933
S	157.163.273	264.829.315	201.390.770

Valores em USD.

Elaborado pelo autor.

Figura 15 - Benefício líquido acumulado das ACBs 15 anos, rodada 2



Eixo y: milhões de USD; eixo x: anos.

Elaborado pelo autor.

A terceira rodada mostrou que a atratividade das abordagens sociais tendeu a não sofrer significativas alterações com a inclusão dos C.O. Nenhum cenário teve o sinal de sua viabilidade alterado com a inclusão dos C.O. As relações b/c tiveram menor variação dessa vez, entre 1,04 a 4,61 (Tabela 14). VPLs variaram de USD 1,4 a 4 milhões para 5 anos e USD 132 a 240 milhões para 15 anos (Tabela 15). Neste recorte temporal, os cenários apresentaram uma similar redução de aproximadamente USD 20 milhões em relação a VPLs sem C.O., ao passo que as variações nas análises de 15 anos foram mais irregulares. Interessante notar também que valores encontrados para 5 anos foram praticamente os mesmos nos três cenários econômicos - principalmente Stern e Pindyck - e todos os cenários apontam benefícios líquidos positivos antes do quinto ano (Figura 16).

Tabela 14 - Relação benefício/custo das ACBs Sociais 5 e 15 anos com custo de oportunidade, rodada 3

RODADA 3				N	S	P
				t: 4,25%	t: 0,1%	t: 3%
				csc: 30	csc: 85	csc: 80
ACBs SOCIAIS 5 E 15 COM CUSTOS DE OPORTUNIDADE	5 anos	S	C: 100% B: EE+BEA	1,04	1,08	1,08
	15 anos	S	C: 100% B: EE+BEA	4,00	4,61	4,28

Elaborado pelo autor.

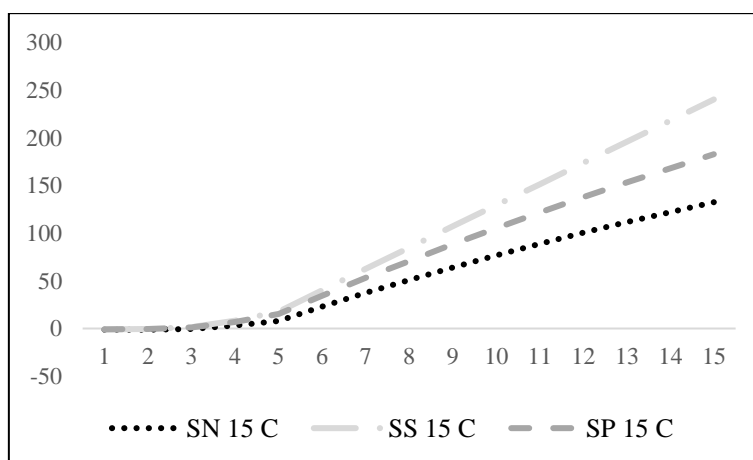
Tabela 15 - Valores presente líquidos das ACBs Sociais 5 e 15 anos com custo de oportunidade, rodada 3

		N	S	P
5 anos	S	1.407.494	4.172.088	3.423.925
15 anos	S	132.482.165	240.276.014	182.792.714

Valores em USD.

Elaborado pelo autor.

Figura 16- Benefício líquido acumulado das ACBs Sociais 15 anos com custo de oportunidade, rodada 3



Eixo y: milhões de USD; eixo x: anos.

Elaborado pelo autor.

Na última rodada, os resultados dos modelos híbridos se mostraram todos positivos. VPLs variaram de 1,57 para HE- e 6,26 para HS+ (Tabela 16). Percebe-se que, mesmo com maiores diferenças proporcionais entre as taxas de desconto, é o CSC que causou maiores alterações. Isso pode ser percebido, por exemplo no cenário externo, onde um diferente CSC mudou a relação b/c de 4,45 (no cenário ES) para 1,57. Na mesma comparação, a taxa de desconto resultou em um valor de 3,6, frente aos 4,45. O mais relevante porém é que nenhum resultado destoou dos achados prévios, podendo indicar que talvez a discussão sobre a definição de variáveis possa não resultar tanta diferença. Lembremo-nos que esses resultados devem ser olhados com cautela por conterem variáveis de diferentes metodologias, razão pela qual não serão elencados na sumarização geral de resultados.

Tabela 16 – Relação benefício/custo das ACBs híbridas, rodada 4

RODADA 4			MAIS t: 4,25% csc: 85	MENOS t: 0,01% csc: 30
ACBs 15 ANOS HÍBRIDAS	E	C: 75% B: EE	3,60	1,57
	S	C: 100% B: EE+IR	6,26	5,84

Elaborado pelo autor.

Concluindo, temos que dos 18 cenários das três primeiras rodadas, 15 apresentaram relações b/c acima da unidade (Tabela 17). Apenas os três cenários das ACBs externas de 5 anos mostraram resultados negativos. Relações b/c variaram de 7,31 a 0,27, com melhores perspectivas sistematicamente sendo encontradas em cenários sociais e sob análises de 15 anos. Entre os economistas, resultados “Stern” tenderam a se mostrar mais otimistas, ao passo que valores menores foram encontrados em Nordhaus. Em abordagens Sociais, as EE representaram de 13 a 31% do total de benefícios esperados (nas ACBs externas representam a totalidade) e a inclusão dos C.O. não causou nenhuma alteração significativa de viabilidade.

Tabela 17 – Resultado geral de relações b/c e VPLs das ACBs 5 e 15 anos, com e sem custos de oportunidade, em ordem decrescente

CENÁRIO	b/c	PREMISSAS			
		TIPO ACB	ECON	TEMPO	C.O.
SS15	7,31	soc	Stern	15	
SP15	6,43	soc	Pindyck	15	
SN15	5,24	soc	Nordhaus	15	
SS 15C	4,61	soc	Stern	15	X
ES15	4,45	ext	Stern	15	
SP 15C	4,28	soc	Pindyck	15	X
SN 15C	4,00	soc	Nordhaus	15	X
EP15	3,60	ext	Pindyck	15	
SS5	1,71	soc	Stern	5	
SP5	1,67	soc	Pindyck	5	
SN5	1,36	soc	Nordhaus	5	
EN15	1,27	ext	Nordhaus	15	
SS 5C	1,08	soc	Stern	5	X
SP 5C	1,08	soc	Pindyck	5	X
SN 5C	1,04	soc	Nordhaus	5	X
ES5	0,77	ext	Stern	5	
EP5	0,72	ext	Pindyck	5	
EN5	0,27	ext	Nordhaus	5	

Elaborado pelo autor.

6 DISCUSSÃO

Ainda que se concorde com Tol (2010, p. 2) que “(...) resultados de ACB devem sempre ser interpretados com cuidado, porque as estimativas de custos e benefícios de intervenções nunca são completas e raramente refletem a real complexidade do caso”, a análise dos resultados traz alguma luz às indagações aqui sugerida.

Em geral, o programa NAMA Pecuária apresentou cenários promissores para sua implementação, levando a crer que a incorporação de custos e benefícios externos da política sustentariam a viabilidade de sua implementação, consoante com a análise financeira predecessora. Uma exitosa execução do projeto representaria quase a metade do esforço necessário para alcançar a meta de redução de emissões da NDC costarriquenha.

De início, dois pontos merecem ser brevemente ressaltados. O primeiro refere-se aos horizontes temporais. As análises em horizontes temporais mais amplos convergiram a melhores resultados. Uma mesma política que apresentou cenários negativos no recorte de 5 anos, se mostraria vantajosa no período mais amplo. O segundo ponto de destaque é que a inclusão dos C.O. não causou nenhuma mudança de sinal na atratividade dos projetos. Seus VPLs logicamente diminuíram, mas em nenhum momento indicaram a inviabilidade das políticas (Tabela 18 e 19). Portanto, as políticas de mitigação no setor pecuária podem ser importantes ferramentas de combate às MC e suas análises devem ser feitas sob horizontes temporais coerentes à realidade do tema.

Tabela 18 – Comparação da relação b/c de ACBs 5 anos, com e sem custo de oportunidade

		N	S	P
		t: 4,25%	t: 0,1%	t: 3%
		csc: 30	csc: 85	csc: 80
b/c DE ACBs SOCIAIS 5 ANOS, COM E SEM C.O.	SEM	1,36	1,71	1,67
	COM	1,04	1,08	1,08

Elaborado pelo autor.

Tabela 19 - Comparação b/c de ACBs 15 anos, com e sem custo de oportunidade

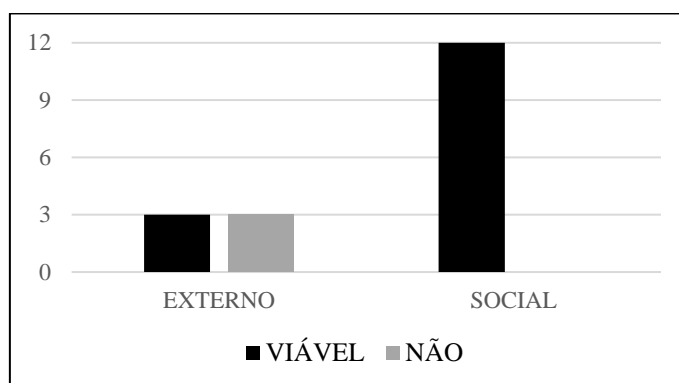
b/c DE ACBs SOCIAIS 15 ANOS, COM E SEM C.O.			
	N	S	P
	t: 4,25%	t: 0,1%	t: 3%
	csc: 30	csc: 85	csc: 80
SEM	5,24	7,31	6,43
COM	4,00	4,61	4,28

Elaborado pelo autor.

Partindo para uma análise entre cenários, percebemos que nas ACBs Externas os cenários se mostraram perfeitamente divididos entre viáveis e inviáveis – e isso está diretamente relacionado ao tempo. As três políticas não atrativas se deram nos cenários 5 anos, enquanto os três cenários positivos ocorreram no horizonte temporal mais amplo. Isso provavelmente ocorre em função dos altos custos de investimentos iniciais da política. Na análise mais ampla (15 anos), Pindyck e Stern encontrariam seu payback logo no primeiro ano posterior ao quinto período, mostrando a relevância de adequar a variável tempo à natureza do tema. Mesmo Stern, cuja ABC apresentou b/c bem abaixo dos seus pares, teria sua atratividade revertida no 12º ano, período baixo para o contexto climático.

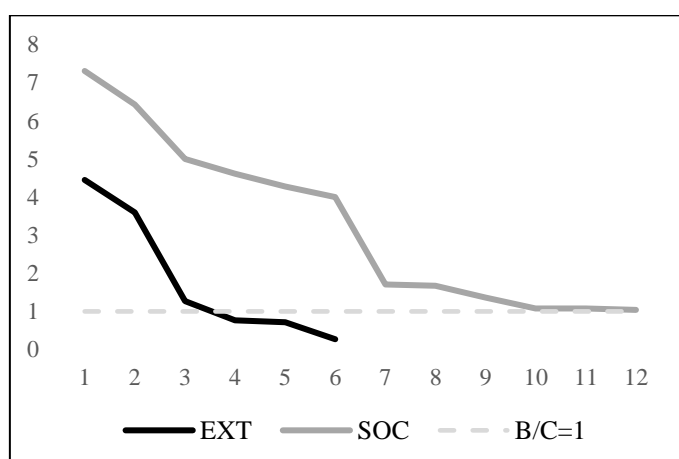
Por outro lado, mesmo com maiores custos, todos os cenários sociais se mostraram positivos (Figura 17). Esses, inegavelmente, geraram resultados mais encorajadores. Os três únicos cenários externos com relação b/c abaixo da unidade, se tornariam atrativos se incorporada a dimensão social. Ainda assim, mesmo que cenários sociais tenham mostrado maior atratividade, as análises externas podem ter substancial relevância no debate climático, à medida que sua implementação independe do conhecimento de funções privadas de custos e benefícios. Além disso, essa dimensão pode ser percebida como uma análise de viabilidade de um ponto de vista estritamente ambiental (*ad hoc* climático): custo bancado por governo e benefícios recebidos pela sociedade. A Figura 18 mostra a quantidade de resultados acima e abaixo de unidade, por tipo de ACB.

Figura 17 - Gráfico do total políticas viáveis e não viáveis, por tipo de ACB



Elaborado pelo autor.

Figura 18 - Gráfico dos resultados das ACBs, por tipos

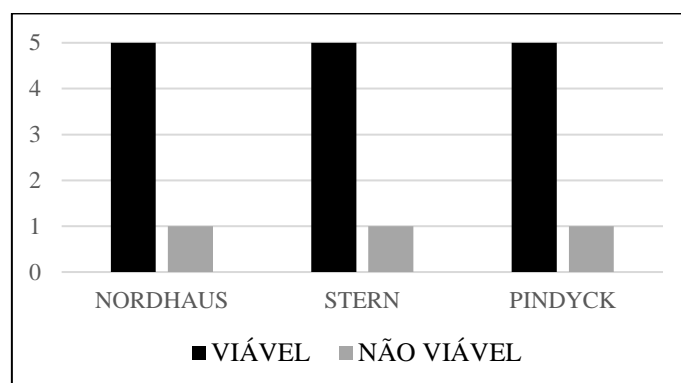


Eixo x: cenário "n", eixo y: b/c.

Elaborado pelo autor.

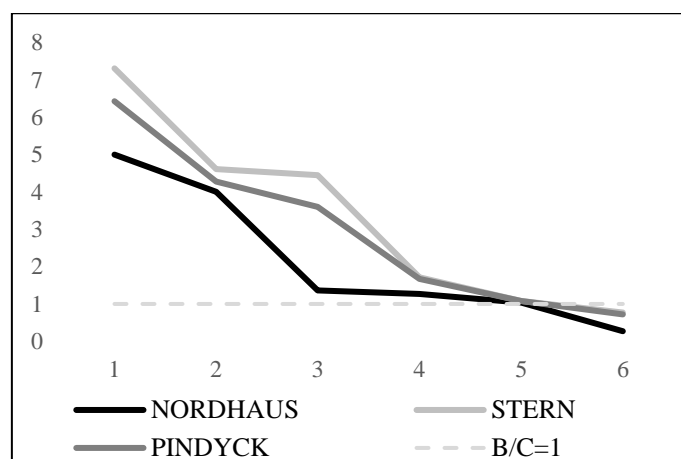
A sumarização de resultados por economistas traz um panorama que talvez não fosse esperado. As três abordagens apresentaram a mesma proporção de cenários viáveis e inviáveis em seus resultados (Figura 19). Em que se pese valores mais altos terem sido encontrados em Pindyck e, principalmente, Stern, tal igualdade pode indicar que os três métodos, ainda que destoantes, podem ser coerentes. Isso também mostra que CSCs mais baixos e taxas de desconto mais elevadas não necessariamente significam maiores dificuldades de viabilidade política. Figura 20 mostra o gráfico de resultados abaixo e acima da unidade, por especialista.

Figura 19 - Gráfico do total políticas viáveis e não viáveis, por cenário econômico



Elaborado pelo autor.

Figura 20 - Gráfico dos resultados das ACBs, por cenários econômicos

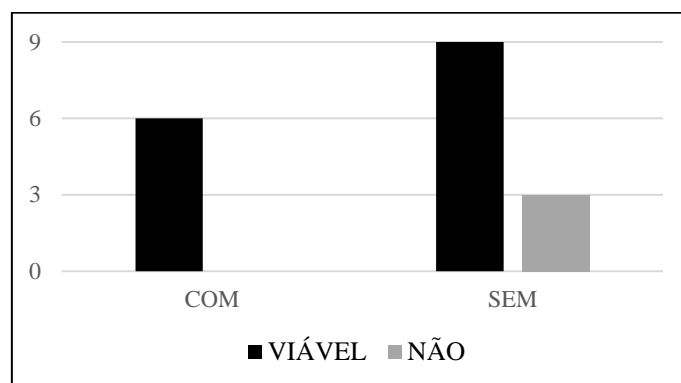


Eixo x: cenário “n”, eixo y: b/c.

Elaborado pelo autor.

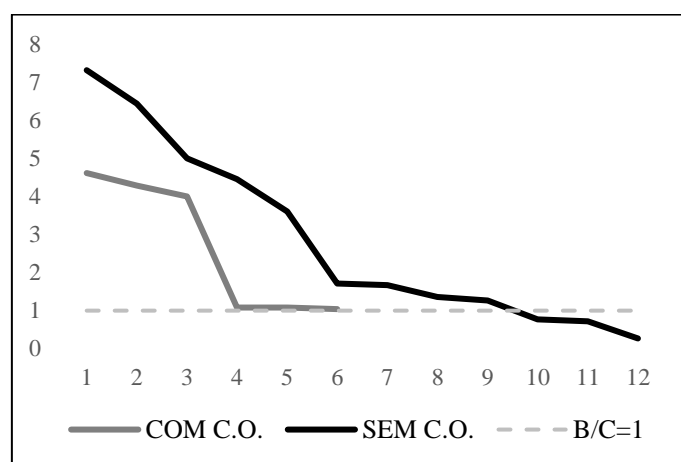
No último recorte, as análises com e sem C.O. apontaram resultados semelhantes às ACBs anteriores (como já destacado). Vale recordar que só se aplicou o conceito nos cenários sociais (por isso um menor número de resultados). Nos seis cenários Sociais onde aplicou-se o conceito, os resultados deram acima da unidade. Já as análises sem C.O., 75% dos 12 cenários indicaram que o programa devia ser executado (Figura 21). Figura 22 mostra a relação de resultados encontrados por cenário.

Figura 21 - Gráfico do total políticas viáveis e não viáveis, ACBs com e sem custo de oportunidade



Elaborado pelo autor.

Figura 22 - Gráfico dos resultados das ACBs, com e sem custo de oportunidade



Eixo x: cenário "n", eixo y: b/c.

Elaborado pelo autor.

Concluindo, as políticas de mitigação de GEE na pecuária podem ser uma eficiente arma contra o aquecimento global. Para tanto, o planejamento adequado pode fazer toda a diferença. Os resultados das ACBs, em sua maioria, mostraram cenários positivos mesmo quando ganhos privados não foram considerados - mas esses também são importantes.

Uma análise sob o ponto de vista oposto mostra que os ganhos também podem ser consideráveis para agentes privados. Babcock (2009) fez o contrário do aqui proposto:

analisou apenas a dimensão privada - sem considerar o benefício das EE – de políticas mitigadoras da pecuária. Sugeriu cenários viáveis para sua implantação e encontrou que gerariam até 10% de ganhos na cadeia leiteira.

Mas o ideal é que todas as dimensões sejam analisadas, tanto a privada quanto a externa. Quinet e Brunel (2019) mostraram que a inclusão do benefício de EE em dois projetos ferroviários na França, representaria até 800% dos valores encontrados nas ACBs. Aqui, esse benefício representaria de 13 a 31% dos benefícios econômicos do NAMA, depreendendo que uma análise econômica climática sem considerar tais valores pode perder muito em robustez.

Por fim, cabe abordar a proposta de considerar custos e benefícios de diferentes âmbitos no mesmo cálculo. Com base no aqui obtido, é possível afirmar que o programa NAMA Pecuária tem boas chances de ser economicamente eficiente, tanto do ponto de vista privado quanto social. No entanto, não podemos esquecer que os custos do programa caberiam a determinado número de atores, cujos benefícios seriam divididos com toda a população mundial. Isso poderia inviabilizar a política.

Em ACB da política climática da União Europeia, Tol (2010) encontrou relações de b/c que variavam de 0,03 a 0,88, sob diferentes cenários. O autor limitou o benefício das EE apenas ao território europeu, consoante a uma ACB tradicional. Entretanto, viu-se que no contexto climático essa abordagem pode ser falha, o que segundo o autor, é o grande problema a ser resolvido em tal contexto: benefícios compartilhados com muita gente não partícipe dos custos. Se fosse considerada a totalidade dos benefícios das EE (como aqui empreendido) os resultados possivelmente seriam positivos. Maddison (1995) fez isso, comparou os custos e benefícios de redução de emissões futuras, mas para todo o planeta. Encontrou benefícios cerca de 8% maiores que custos.

Por fim, é inegável que o presente corolário apontaria um cenário favorável à execução da política na Costa Rica. Entretanto, essas tendências perdem forças se analisadas do ponto de vista do indivíduo econômico. Políticas custo efetivas podem estar deixando de ser implementadas pelo fato de conter custos individuais e benefícios globais e faz-se necessário pensar em alternativas para tornar cenários favoráveis em ações efetivas.

Poder-se-ia, por exemplo, pensar em compensar países de acordo com seu nível de implementação de planos contra a crise climática. Pensando no presente caso, se cada país desse uma compensação financeira à implementação do programa NAMA, a Costa Rica se sentiria muito mais inclinada a executar a política, na medida que tais compensações cobrissem (ao menos) os custos dos benefícios externos gerados. Os demais países, ainda nesse raciocínio, mesmo pagando por execuções de políticas públicas alheiras a seus territórios, possivelmente teriam benefícios maiores das EE na Costa Rica. Claro que tal situação não é algo tão simples e tão óbvio. Isso é algo que requer pensamento a longo - talvez muito longo - prazo. É fato também que, pensar em qualquer mecanismo de pagamento ou compensação a nível global – por mais trivial que seja – é algo extremamente complexo e que envolve variáveis para além da economia. No entanto, esse trabalho mostrou que, se pensado de forma racional, é possível que todos saiam ganhando de tal cenário.

A comunidade internacional precisa debater esse óbice. Sua viabilidade pode não apenas possibilitar, como também tornar mais eficiente, o combate mundial às MC. A discussão principal não é implementar ou não a política na Costa Rica. O que a presente análise mostrou é que a inclusão dos benefícios externos de políticas climáticas as torna mais atrativas e melhoram o bem-estar global e oportunidades economicamente viáveis de combate climático podem estar passando desperdiçadas. Eis talvez o grande desafio.

CONCLUSÃO

O presente trabalho objetivou descobrir que impacto a incorporação de benefícios externos de uma política climática setorial poderia causar em sua viabilidade. Para tanto, empreendeu-se uma ACB em uma política de mitigação de GEE na pecuária. O setor é responsável por quase 10% de todas as emissões globais de GEE de origem humana, mas também tem potenciais capacidades de sequestro de carbono. É setor chave no enfrentamento climático.

O projeto NAMA Pecuária foi pensado para ser implementado em quatro etapas. Com duas em andamento, percebeu-se que o investimento requerido para a próxima etapa poderia se tornar um obstáculo. Mesmo diante de promissora análise financeira, estava difícil conseguir o dinheiro para executar essa terceira etapa. Nesse contexto, resolveu-se ampliar a análise citada, agregando custos e benefícios da perspectiva externa e da social (externa + privada) do programa. Juntou-se custos e benefícios de diferentes atores no mesmo cálculo, para captar a totalidade dos benefícios externos de EE.

Os resultados, em sua maioria, se mostraram favoráveis à continuação do programa. As relações b/c variaram de 7,31 a 0,27, enquanto VPLs variaram de negativos USD 14 milhões a positivos USD 264 milhões. Do total de 18 cenários, 15 apresentaram relação b/c maior que um. Cenários baseados na dimensão social apresentaram a totalidade de resultados positivos, enquanto abordagens exclusivas de benefícios externos tiveram três resultados positivos, do total de seis. Os três resultados inviáveis foram encontrados no mesmo cenário (análises Externas de 5 anos), indicando que os benefícios ambientais (EE) tenderiam a não cobrir os custos iniciais das políticas. Não obstante, esses mesmo três cenários, analisados no longo prazo, teriam sua atratividade tornada positiva.

Em relação às diferentes premissas econômicas, cada uma das três diferentes abordagens apresentou 5 cenários positivos e 1 negativo, mesmo com destoantes racionalidades. Já a inclusão do C.O. nos seis cenários sociais resultou em menores VPLs, mas em nenhum momento a ponto de alterar o sinal da viabilidade das políticas.

Para além desses resultados obtidos, esse estudo pode ter maior relevância por provocar uma reflexão mais profunda sobre o combate climático global. Considerou-se

aqui custos e benefícios de diferentes searas econômicas. Isso quer dizer que mesmo diante de cenários positivos, os investimentos possivelmente não seriam atrativos do ponto de vista individual. Trata-se de uma característica intrínseca das MC que pode estar inviabilizando o enfrentamento climático.

Logo, espera-se que duas ideias-força fiquem do presente trabalho. A primeira é a importância de se incorporar a dimensão social global no planejamento climático. Mesmo com maiores custos, as ACBs aqui planteadas sistematicamente apresentaram maiores benefícios e maior atratividade quando analisados sob esse prisma.

A segunda ideia é a necessidade de se aprofundar os debates dos benefícios de emissões evitadas em nível mundial. Sendo a atmosfera um bem comum global, não faz mais sentido que a mitigação de GEE continue a ser pensada individualmente. A sociedade global precisa discutir como implementar projetos que são inviáveis do ponto de vista individual, mas benéficos e custo efetivos à sociedade global. Programas de pagamento ou compensação de enfrentamento climático entre países poderia ser uma solução. Os resultados mostraram que resolver tal impasse talvez seja mais relevante do que discutir qual abordagem econômica deveria ser utilizada.

REFERÊNCIAS

ARNETH, Almuth et al. **IPCC Special Report on Climate Change and Land**. IPCC Publisher, Summary for Policymakers, 2019.

ASSMANN, Joice Mari et al. Carbon and nitrogen cycling in an integrated soybean-beef cattle production system under different grazing intensities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 967–978, 2015.

BABCOCK, Bruce. Costs and benefits to agriculture from climate change policy. **Iowa Ag Review, Summer 2009**, v. 15, 1 jan. 2009.

BAKAM, Innocent; BALANA, Bedru; MATTHEWS, Robin. Cost-effectiveness analysis of policy instruments for greenhouse gas emission mitigation in the agricultural sector. **Journal of environmental management**, v. 112, p. 33–44, 3 ago. 2012.

BALINT, Tomas et al. Complexity and the Economics of Climate Change: A Survey and a Look Forward. **Ecological Economics**, v. 138, p. 252–265, 2017.

BEACH, Robert H. et al. Mitigation potential and costs for global agricultural greenhouse gas emissions¹. **Agricultural Economics**, v. 38, n. 2, p. 109–115, 2008.

BLEYL, Jan et al. Office building deep energy retrofit: life cycle cost benefit analyses using cash flow analysis and multiple benefits on project level. **Energy Efficiency**, p. 1–19, 1 jul. 2018.

BOGAERTS, Meghan et al. Climate change mitigation through intensified pasture management: Estimating greenhouse gas emissions on cattle farms in the Brazilian Amazon. **Journal of Cleaner Production**, v. 162, p. 1539–1550, Setembro 2017.

BURCH, Sarah et al. Triggering transformative change: A development path approach to climate change response in communities. **Climate Policy**, v. 14, n. 4, p. 467–487, 23 jan. 2014.

BUSTAMANTE, Mercedes et al. Co-benefits, trade-offs, barriers and policies for greenhouse gas mitigation in the Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) sector. **Global change biology**, v. 20, Abril 2014.

CARDOSO, Abmael et al. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, v. 143, p. 86–96, 1 mar. 2016.

CLIMATE & CLEAN AIR COALITION. **Hydrofluorocarbons (HFC) Climate & Clean Air Coalition - Science**, 2019. Sítio web, disponível em:
<<https://ccacoalition.org/en/slcps/hydrofluorocarbons-hfc>>. Acesso em: 14 dez. 2019

CHACÓN, Maurício et al. **Próximos pasos del NAMA Ganadería en Costa Rica: Síntesis de las consultas con actores y evaluación rápida de su estado actual**. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), 2015.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) /MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería da Costa Rica); MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía da Costa Rica). **Estrategia para la Ganadería Baja en Carbono en Costa Rica**. Informe final, 2015.

CLIMATE ADAPT. Assessing and selecting adaptation options. **The European Climate Adaptation Platform**. Urban adaptation support tool. Disponível em:
<<https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/urban-ast/step-4-2>>. Acesso em dez. de 2019.

CONSTANTI, E. U. **Por que precisamos de terras indígenas? Uma análise à luz da economia ambiental**. Tese (Doutorado). Universidade de Brasília, 2019.

COSTA RICA. **Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional de Costa Rica**. San José, Costa Rica: Gobierno de la República, 2015. Disponível em:
<<https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Costa%20Rica/1/INDC%20Costa%20Rica%20Version%202%200%20final%20ES.pdf>>.

DE CARA, Stéphane; VERMONT, Bruno. Policy Considerations for Mandating Agriculture in a Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme: A comment. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 33, n. 4, p. 661–667, 2011.

DENNIG, Francis. Climate change and the re-evaluation of cost-benefit analysis. **Climatic Change**, p. 1–12, 1 ago. 2017.

DOREAU, Michael et al. Mitigation of enteric methane for French cattle: Potential extent and cost of selected actions. **Animal Production Science**, v. 54, Setembro 2014.

ECONOMIDES, George et al. **The Economics of Climate Change**. Atenas, Grécia: Banco da Grécia, 2018.

EKHOLM, Tommi. Climatic Cost-benefit Analysis Under Uncertainty and Learning on Climate Sensitivity and Damages. **Ecological Economics**, v. 154, p. 99–106, 17 set. 2018.

EORY, Vera et al. Marginal abatement cost curves for agricultural climate policy: State-of-the art, lessons learnt and future potential. **Journal of Cleaner Production**, v. 182, Fevereiro 2018.

FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação). **Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade**. Roma: FAO, 2015.

____. **Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM)**. Base de dados. Disponível em: <<http://www.fao.org/gleam/results/en/#c303616>>. Acesso em: 20 nov. 2019a.

____. **Livestock solutions for climate change**, 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i8098e.pdf>>

____. **Major cuts of greenhouse gas emissions from livestock within reach**. News Article, Set 2013.

____. **The State of The World's Biodiversity For Food And Agriculture**. Roma: *Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Food and Agriculture*

Organization of the United Nations, 2019b. Disponível em:

<<http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>>.

FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação); PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). **Cost-benefit analysis for climate change adaptation policies and investments in the agriculture sectors**. Briefing Note, p. 8, 2018.

GARNETT, Tara et al. Grazed and confused? Ruminating on cattle, grazing systems, methane, nitrous oxide, the soil carbon sequestration question – and what it all means for greenhouse gas emissions. **Food Climate Research Network**, Oxford Martin Programme on the Future of Food Environmental Change Institute, University of Oxford, 2017

GERBER, Pierre J. et al. **Tackling climate change through livestock A global assessment of emissions and mitigation opportunities**. Roma: 2013.

HANLEY, Nick; SPASH, Clive L. Cost-Benefit Analysis and the Environment - Capítulos 1 e 2. In: **Cost-Benefit Analysis and the Environment**. Stirling, Scotland: Edward Elgar Publisher, 1993. p. 1–51.

HARRISON, Paula A. et al. Climate change impact modelling needs to include cross-sectoral interactions. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 9, p. 885–890, set. 2016.

HAVLÍK, Petr et al. Global climate change, food supply and livestock production systems: A bioeconomic analysis. In: **Climate Change and Food Systems: Global assessments and implications for food security and trade**. Eds. Elbehri, A., pp. 178-197 Roma, 2015, p. 176–208.

HENDERSON, Benjamin et al. Marginal costs of abating greenhouse gases in the global ruminant livestock sector. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, Agosto 2015.

HOLMANN, Federico et al. The beef chain in Costa Rica: Identifying critical issues for promoting its modernization, efficiency, and competitiveness. **Livestock Research for Rural Development**, v. 20, Artigo n. 51, 2008.

IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). **Climate Change 2014**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Equipe núcleo de editores: R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). Geneva, 2014. Disponível em: <https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2019.

_____. **2018: Global Warming of 1.5°C**. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Equipe núcleo de editores: Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.). Geneva, World Meteorological Organization, 2018.

_____. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**: IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Technical Support Unit. Hayama, Japão: Institute for Global Environmental Strategies, 2006. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>>.

KALFAGIANNI, Agni; KUIK, Onno Seeking optimality in climate change agri-food policies: stakeholder perspectives from Western Europe. **Climate Policy**, v. 17, p. 1–21, Dezembro 2016.

KARKATSOULIS, Panagiotis et al. First-mover advantages of the European Union's climate change mitigation strategy. **International Journal of Energy Research**, v. 40, n. 6, p. 814–830, 1 maio 2016.

KOMPAS, Tom; PHAM, Van Ha; CHE, Tuong Nhu. The Effects of Climate Change on GDP by Country and the Global Economic Gains From Complying With the Paris Climate Accord. **Earth's Future**, v. 6, n. 8, p. 1153–1173, 2018.

MACLEOD, Michael et al. Cost-Effectiveness of Greenhouse Gas Mitigation Measures for Agriculture. **OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers**, No. 89, OECD Publishing. Paris: 2015.

MADARI, Beata Eموke et al. Perdas de nitrogênio via emissão de óxido nitroso (N₂O) e volatilização de amônia (NH₃) no feijoeiro irrigado. **Congresso Nacional De Pesquisa de Feijão**, 2011.

MADDISON, David. A cost-benefit analysis of slowing climate change. Integrated assessments of mitigation, impacts and adaptation to climate change. **Energy Policy**, v. 23, n. 4, p. 337–346, 1 abr. 1995.

MANKIW, N. Gregory. **Principles of Economics**. 7a. Edição. Estados Unidos da América: Cengage Learning, 2014.

MARTIN, Ian; PINDYCK, Robert. Averting Catastrophes: The Strange Economics of Scylla and Charybdis. **The American Economic Review**, v. 105, 1 out. 2015.

MAYRHOFER, Jan; GUPTA, Joyeeta. The science and politics of co-benefits in climate policy. **Environmental Science & Policy**, v. 57, p. 22–30, 14 dez. 2015.

MCKINSEY, McKinsey & Company. **Pathways towards a low-carbon economy**. Version 2 of the global greenhouse gas abatement cost curve. Relatório, 2009.

Disponível em:

<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/sustainability/cost%20curve%20pdfs/pathways_lowcarbon_economy_version2.ashx>. Acesso em: 20 nov. 2019.

MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía da Costa Rica); IMN (Instituto Meteorológico Nacional da Costa Rica). **Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono**. San José, Costa Rica: [s.n.]. Disponível em: <<https://unfccc.int/resource/docs/natc/crinir2.pdf>>.

MORA MOTTA, Alejandro; LEÓN RODRÍGUEZ, Nohra. Cambiando de perspectiva en la economía de la mitigación del cambio climático. **Cuadernos de Economía**, v. 36, n. 70, p. 169, 7 set. 2016.

MOTTET, Anne et al. Climate change mitigation and productivity gains in livestock supply chains: insights from regional case studies. **Regional Environmental Change**, v. 17, 21 maio 2016.

NEWBOLD, Stephen et al. The “Social Cost of Carbon” Made Simple. **National Center for Environmental Economics**, Working Paper n.10-07. Washington: 2010.

NORDHAUS, William. A Sketch of the Economics of the Greenhouse Effect.

American Economic Review, v. 81, n. 2, p. 146–50, 1991a.

_____. A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change.

Journal of Economic Literature, v. 45, n. 3, p. 686–702, 2007b.

_____. Climate Clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy.

American Economic Review, v. 105, n. 4, p. 1339–70, 2015.

_____. Evolution of modeling of the economics of global warming: changes in the DICE model, 1992–2017. **Climatic Change**, v. 148, Maio 2018a.

_____. Projections and Uncertainties about Climate Change in an Era of Minimal Climate Policies. **American Economic Journal: Economic Policy**, v. 10, p. 333–360, 1 ago. 2018b.

_____. Reflections on the Economics of Climate Change. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 7, n. 4, p. 11–25, 1993.

_____. The Economic Impacts of Abrupt Climatic Change. Artigo preparado para: **Meeting on Abrupt Climate Change: The Role of Oceans, Atmosphere, and the Polar Regions**. National Research Council, 1 jan. 1999.

_____. To Slow or Not to Slow: The Economics of The Greenhouse Effect. **The Economic Journal**, v. 101, n. 407, p. 920–937, 1991b.

_____. To Tax or Not to Tax: Alternative Approaches to Slowing Global Warming. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 1, p. 26–44, Dezembro 2007a.

PERSSON, U. Martin et al. Climate metrics and the carbon footprint of livestock products: where’s the beef? **Environmental Research Letters**, v. 10, n. 3, p. 034005, 1 mar. 2015.

PINDYCK, Robert. Risk and Return in the Design of Environmental Policy. **Journal of the Association of Environmental and Resource Economists**, v. 1, p. 395–418, 1 set. 2014.

_____. The social cost of carbon revisited. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 94, 1 fev. 2019.

_____. The Use and Misuse of Models for Climate Policy. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 11, p. 100–114, 1 mar. 2017.

PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente; UNIÃO EUROPEIA. **Análisis costo-beneficio de medidas de adaptación al cambio climático en áreas urbanas de América Latina**. Projeto Euro clima. Cidade do Panamá: 2017. Disponível em: <<http://commiten.cleanseas.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/nueva-guia-de-onu-medio-ambiente-para-analizar-medidas-de>>.

POCH Ambiental S/A. **NAMA Ganadería**: Ganadería bovina en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2016.

PORRAS, Ina et al. **Lecciones de 20 años de experiencia en servicios ambientales en Costa Rica**: Shaping Sustainable markets. Londres: International Institute for Environment and Development, 2012. Disponível em: <<https://pubs.iied.org/pdfs/16514SIIED.pdf>>.

QUINET, Alain; BRUNEL, Julien. **To what extent are rail investments desirable for tackling climate change?** Service Analyse Economique, Direction de Régulation, SNCF Réseau: dossiê. França: 1 mar. 2019.

REZAI, Armon. The Opportunity Cost of Climate Policy: A Question of Reference. **Scandinavian Journal of Economics**, v. 113, 1 dez. 2011.

RODRIGUES, Rafael; MENDES, Thiago; MUNIZ, Eagles. Fundos de apoio a ações de mitigação e adaptação à mudança climática. Capítulo 4, In: **Introdução à temática da mudança do clima para gestão pública de planejamento e fazenda no Brasil**. Editora: Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 2011.

SAPKOTA, Tek B. et al. Cost-effective opportunities for climate change mitigation in Indian agriculture. **Science of The Total Environment**, v. 655, p. 1342–1354, 10 mar. 2019.

SEC (Comissão das Comunidades Europeias). **Green Paper from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions** - Adapting to climate change in Europe – options for EU action. União Europeia, Bruxelas:, 2007. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52007DC0354>>.

STERN, Nicholas. Economics: Current climate models are grossly misleading. **Nature**, v. 530, n. 7591, p. 407–409, Fevereiro 2016.

_____. **Stern Review: The Economics of Climate Change**. Governo do Reino Unido, Londres: 2006. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf>.

_____. Public economics as if time matters: Climate change and the dynamics of policy. **Journal of Public Economics**, v. 162, p. 4–17, 2018.

STIGLITZ, Joseph. Showing the way in San José – how Costa Rica gets it right. **The Guardian**, Artigo, disponível em: <<https://www.theguardian.com/world/2018/may/09/showing-the-way-in-san-jose-how-costa-rica-gets-it-right>>. Mai 2018.

SZIJÁRTÓ, Norbert. Cost-Benefit Analysis of Climate Change (a Methodological Overview of Recent Studies). **Köz-gazdaság**, v. 6, 1 dez. 2011.

TOL, Richard. A social cost of carbon for (almost) every country. **Energy Economics**, v. 83, p. 555–566, Setembro 2019.

_____. Estimates of the Damage Costs of Climate Change. Part 1: Benchmark Estimates. **Environmental & Resource Economics**, v. 21, p. 47–73, 2002a.

_____. Estimates of the Damage Costs of Climate Change Part II . Dynamic Estimates. **Environmental and Resource Economics**, v. 21, p. 135–160, 2002b.

____. **The Costs and Benefits of EU Climate Policy for 2020**. Copenhagen Consensus Center, 2010. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/resrep16369>>.

____. The Economic Impacts of Climate Change. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 12, n. 1, p. 4–25, 1 fev. 2018.

TOMAN, Michael; SHOGREN, Jason. Climate Change Policy. **SSRN Electronic Journal**, 1 jun. 2000.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). **Global Mitigation of Non-CO2 Greenhouse Gases: 2010-2030**. Washington: 2013. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/mac_report_2013.pdf>.

VALE, Peterson Molina. The changing climate of climate change economics. **Ecological Economics**, v. 121, Dezembro 2015.

VAN DER MEIJDEN, Gerard; VAN DER PLOEG, Frederik; WITHAGEN, Cees. Frontiers of Climate Change Economics. **Environmental and Resource Economics**, v. 68, n. 1, p. 1–14, 1 set. 2017.

VENKATESH, Govindajaran. Cost-benefit analysis – leakage reduction by rehabilitating old water pipelines: Case study of Oslo (Norway). **Urban Water Journal**, v. 9, n. 4, p. 277–286, 1 ago. 2012.

VILLALOBOS, Silvia A. **Encadenamientos Productivos y Multiplicadores de Empleo e Ingreso para la Actividad Económica Cría de Ganado Vacuno a Partir de la Matriz Insumo Producto Costa Rica 2012**. Trabalho de Conclusão de Graduação—San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2017.

WALLBOTT, Linda; ROSENDAL, G. Kristin. Safeguards, Standards, and the Science-Policy Interfaces of REDD+: Greening Land Use Through Forest-Based Mitigation in Costa Rica? **The Journal of Environment & Development**, v. 27, n. 1, p. 99–125, Fevereiro 2018.

WEITZMAN, Martin L. A Review of The Stern Review on the Economics of Climate Change. **Journal of Economic Literature**, p. 22, 2007.

_____. Can Negotiating a Uniform Carbon Price Help to Internalize the Global Warming Externality? **Journal of the Association of Environmental and Resource Economists**, v. 1, n. 1/2, p. 29–49, 1 mar. 2014.

WOLLENBERG, Eva et al. Reducing emissions from agriculture to meet the 2 °C target. **Global Change Biology**, v. 22, n. 12, p. 3859–3864, Dezembro 2016.

WORLD BANK. **State and Trends of Carbon Pricing 2019**. The World Bank Group, Washington, 2019.

REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – BIBLIOTECA CENTRAL. **Capacitação em ABNT: trabalhos acadêmicos**. Acesso em 06 jan. 2020. Disponível em: <https://www.bce.unb.br/wp-content/uploads/2019/10/Slides-Treinamento-em-ABNT-Completo-2019-10-25.pdf>

_____. **Normas Bibliográficas**. Acesso em 06 jan. 2020. Disponível em: <https://bce.unb.br/normas-bibliograficas/>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Manual de Dissertações e Teses da UFSM: estrutura e apresentação**. Pró-reitoria de pós-graduação e pesquisa, Sistema de bibliotecas da UFSM, Editora da UFSM. Santa Maria, 2015. Disponível em: <https://www.ufsm.br/cursos/pos-graduacao/santa-maria/ppgee/mdt-2015/>.

APÊNDICE A - PRINCIPAIS GASES DE EFEITO ESTUFA EMITIDOS NA PECUÁRIA

GÁS (SÍMBOLO)	FONTES NA PECUÁRIA	PROPOR- ÇÃO*	CARACTERÍSTICAS	TEMPO DE VIDA (anos)	GWP
METANO (CH ₄)	Fermentação entérica e excrementos de animais	46%	É um hidrocarboneto, gás inodoro e incolor. Tem alto poder de aquecimento global, mas relativamente dura pouco na atmosfera	12	25
ÓXIDO NITROSO (N ₂ O)	Fertilização de solos, mudanças no uso da terra, manejo de esterco, queimadas	36%	Incolor e inodoro, é um dos gases mais perigosos para o efeito estufa. Tem muitos usos em indústrias médicas, farmacêuticas e automotivas. É também conhecido como gás do riso	114	298
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	Processos logísticos e operacionais ao longo de toda a cadeia produtiva	18%	É o GEE mais emitido pelos humanos, está naturalmente presente na atmosfera e faz parte do ciclo do carbono	1000	1

GWP: *Global Warming Potential* é uma medição do potencial de aquecimento dos gases sobre um mesmo horizonte temporal, onde o dióxido de carbono representa 1. Isso permite uma comparação entre gases do potencial de aquecimento de cada gás sob um mesmo parâmetro, mesmo com durações de vida distintas. *As quantidades emitidas se referem a uma média aproximada entre gado de corte e leiteiro, levando-se em consideração a maioria das atividades do ciclo de vida do produto. Elaborado pelo autor, baseado em: GERBER (2013), GARNETT (2017), Site USEPA (*United States Environmental Protection Agency*: <<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases#N2O%20references>>).

Elaborado pelo auto.

APÊNDICE B – PRÁTICAS MITIGADORAS DE GEE NA PECUÁRIA

EFICIÊNCIA ALIMENTAR		POTENCIAL DE MITIGAÇÃO*	
		CH ₄	N ₂ O
Melhoria na conversão alimentícia	Medidas que visam melhorar a eficiência da conversão de alimento em produto final, como aumentar a proporção de grãos e incluir aditivos alimentares à ração	Alto/médio/baixo, a depender do aditivo	
Antibióticos	Uso de antibióticos para promover ganho de peso mais rápido e melhorar a conversão de alimentos em produto final	Baixo	
Hormônio de crescimento (somatotropina bovina)	A administração dessa substância visa aumentar a produção leiteira devido a ganhos em bioeficiência. Essa medida é restrita em alguns países	Baixo	
Manipulação de rúmen	Substâncias adicionadas à alimentação ou administradas aos animais que diminuem ou suprimem a geração de metano na fermentação entérica	Médio/Baixo	
Qualidade da forragem	Melhoramento genético da palha	Baixo	
Intensificação de pastagens	Maior crescimento de pastagens e menor dependência de rações preparadas, devido a melhores práticas de pastagem e rotação de rebanhos	Médio/Baixo	
Alimentação de precisão	Alimentação específica para a necessidade animal, de acordo com análises de softwares	Médio/Baixo	
MANEJO DE EXCREMENTOS		POTENCIAL DE MITIGAÇÃO*	
		CH ₄	N ₂ O
Balanço Nutricional	Redução do requerimento de proteínas na alimentação		Médio/alto
Digestores de excremento	Esses sistemas visam capturar a emissão de metano dos excrementos, para queimá-lo ou produzir energia. Os sistemas podem ser completos, de fluxo, de biofiltragem, pequenas domas de decantação ou ainda grandes unidades centralizadas	Alto/médio/baixo, a depender da tecnologia escolhida	Alto

(continua)

Manejo de Pastagens	Melhorias nutricionais através de melhores práticas de pastagem e rotação de rebanhos	Desc.	(continuação) Alto (?)
Lagoa de Estabilização	O metano é capturado cobrindo-se essas lagoas e canalizando o metano, para ser queimado ou gerar energia	Alto	
Armazenamento de excrementos	Estocagem através de variadas formas, para posterior uso, queima ou venda	Alto a médio	Varia de alto a Desc., dependendo da prática
Aplicação de excrementos	Aplicação direta para melhoria de fertilidade em solos	Baixo a desc., a depender da prática	Alto (?) a Desc, dependendo da prática
Aditivos aplicados aos excrementos	Aplicação de inibidores de nitrificação ou uréase antes, durante ou depois da excreta animal, impedindo a formação de nitrato ou amônia	N/A	Alto a médio (?)

MELHORIAS EM GENÉTICA E SAÚDE ANIMAL**POTENCIAL DE MITIGAÇÃO*****CH4****N2O**

Manejo animal	Seleção genética, melhorias em saúde animal, redução em mortalidade	Médio/baixo (?)	Médio/baixo (?)
Manejo reprodutivo	Melhores estratégias de cruza, melhorias na fecundidade, cuidados com parturientes	Alto a médio	Alto a médio

AÇÕES PARALELAS**POTENCIAL DE MITIGAÇÃO*****CH4****N2O**

Áreas florestais	Dedicar maiores áreas de fazendas para florestas ou sistemas agroflorestais	Alto/Médio/ Baixo (?)	
Melhorias nos processos	Envolve uma ampla gama de melhoria em processos técnicos, operativos e logísticos durante toda a cadeia produtiva bovina: indústria, comércio, transporte...	Alto/Médio/ Baixo (?)	Baixo (?)

* Potenciais estimados de redução/sequestro de GEE, em relação a uma combinação de práticas padrões. A: Alto >30%, M: Médio <30 e >10%, B: Baixo <10%. Desc.: desconhecido. (?): incerteza devido à inconsistência/insuficiência de dados ou estudos.

Elaborado pelo autor, baseado em USEPA, 2013; GERBER, 2013.

APÊNDICE C – DETALHAMENTOS DE CUSTOS DE MEDIDAS MITIGADORAS DE GEE DA PECUÁRIA

MEDIDA	DESCRIÇÃO	ESTIMAÇÃO DE CUSTOS PRINCIPAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (USD de Nov/19)
Suplementos alimentares	Aumento no uso de suplementos na ração animal, visando ganhos de eficiência energética e diminuição de geração de metano na fermentação entérica	15,50 a 87,50 por tCO ₂ eq.
Vacinas de auxílio à fermentação	Redução e supressão de metano na fermentação entérica através de vacinas de variados compostos e aditivos	-141,80 a 72 por tCO ₂ eq.
Melhoria na conversão alimentícia	Medidas que visam melhorar a eficiência da conversão de alimento em produto final, como aumentar a proporção de grãos e incluir aditivos alimentares à ração	29,50 a 348 por animal
Antibióticos	Uso de antibióticos para promover ganho de peso mais rápido e melhorar a conversão de alimentos em produto final	4,70 a 10,60 por animal
Hormônio de crescimento (somatotropina bovina)	A administração dessa substância visa aumentar a produção leiteira devido a ganhos em bio-eficiência. Essa medida é restrita em alguns países	145 a 354 por animal
Manipulação de rúmen	Substâncias adicionadas à alimentação ou administradas aos animais que diminuem ou suprimem a geração de metano na fermentação entérica	10,60 a 141,60 por animal
Intensificação de pastagens	Maior crescimento de pastagens e menor dependência de rações preparadas, devido a melhores práticas de pastagem e rotação de rebanhos	-212,40 a 1,10 por animal

MEDIDA	DESCRIÇÃO	GERAÇÃO DE ENERGIA	ESTIMAÇÃO DE CUSTOS DE CAPITAL INSTALADO (USD de Nov/19)	ESTIMAÇÃO DE CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (USD de Nov/19)	BENEFÍCIOS DA GERAÇÃO DE ENERGIA
Digestor de excremento completo	Sistema com armazenamento e processamento de excrementos, com uso de água e bombeamento por máquinas	com	1.130 por animal	4,00 por animal	76,70 por animal
		sem	694 por animal	2,40 por animal	-
Digestos de excremento de fluxos	Podem processar excrementos com maiores concentrações de sólidos e não necessitam bombeamento, geralmente ficam embaixo da terra	com	1520 por animal	2,40 por animal	76,70 por animal
		sem	932,30	10,50 por animal	-
Lagoa de estabilização	Cobertura em lagoas de estabilização para canalização do metano	com	1.395 por animal	4,00 por animal	76,70 por animal
		sem	912,30 por animal	2,40 por animal	-

Fonte: (MCKINSEY, 2009; USEPA, 2013)

APÊNDICE D - ESTIMAÇÃO DE INVESTIMENTOS OPERACIONAIS (I.O.) A PARTIR DO QUINTO ANO DO PROGRAMA NAMA PECUÁRIA

Ano	Nº Fazendas	I.O.
1	91	552943
2	253	393826
3	577	588881
4	1014	679466
5	1800	1034909
6	1800	1034909
7	1800	1034909
8	1800	1034909
9	1800	1034909
10	1800	1034909
11	1800	1034909
12	1800	1034909
13	1800	1034909
14	1800	1034909
15	1800	1034909
TOTAL		13599115

Elaborado pelo auto.

APÊNDICE E – INFORMAÇÕES BASE PARA MEDIDAS ALTERNATIVAS E CÁLCULOS DOS CUSTOS DE OPORTUNIDADE

		BIOGAS	RAÇÃO CONCENTRADA
POTENCIAL MITIGAÇÃO	kg CO ₂ /cab/ano	500,23	128,22
CUSTO BRUTO	USD/cab	41,55	81,05
CUSTO LÍQ	USD/cab	-24,58	-15,52
B.E.A.	USD/cab	66,13	96,57
CABEÇAS DE GADO PROGRAMA NAMA: APROX 100.000			

TOTAL POTENCIAL EE ANO	KG	50.023.000	12.822.000
	TON	50.023	12.822
	POR FAZENDA	27,79	7,12
B.E.A.	USD	6613000	9657000
	USD POR FAZENDA	3673.89	5365

Elaborado pelo autor, com base em Poch (2016); SAPKOTA et al. (2019).

			BIOGAS			RAÇÃO CONCENTRADA			TOTAL (Biog+RC)			NORDHAUS C.O.S.	STERN C.O.S.	PINDYCK C.O.S.
No. FAZ.	FAZ COM GADO NOVO		EE	BEA	C	EE	BEA	C	EE	BEA	C	(EExCSC+R)-CL	(EExCSC+R)-CL	(EExCSC+R)-CL
91	91	0	2,529	334,324	207,307	648	488,215	404,354	3,177	822,539	611,661	306,193	480,937	465,051
253	162	1	7,031	595,170	369,052	1,802	869,130	719,839	8,833	1,464,300	1,088,891	640,405	1,126,232	1,082,066
577	324	2	16,035	1,190,340	738,104	4,110	1,738,260	1,439,678	20,145	2,928,600	2,177,782	1,355,177	2,463,169	2,362,443
1014	528	3	28,180	1,939,813	1,202,837	7,223	2,832,720	2,346,142	35,403	4,772,533	3,548,978	2,285,635	4,232,783	4,055,770
1800	948	4	50,023	3,482,847	2,159,639	12,822	5,086,020	4,212,391	62,845	8,568,867	6,372,029	4,082,187	7,538,662	7,224,437
1800	324	5	50,023	1,190,340	738,104	12,822	1,738,260	1,439,678	62,845	2,928,600	2,177,782	2,636,168	6,092,643	5,778,418
1800	528	6	50,023	1,939,813	1,202,837	12,822	2,832,720	2,346,142	62,845	4,772,533	3,548,978	3,108,905	6,565,380	6,251,155
1800	948	7	50,023	3,482,847	2,159,639	12,822	5,086,020	4,212,391	62,845	8,568,867	6,372,029	4,082,187	7,538,662	7,224,437
1800	324	8	50,023	1,190,340	738,104	12,822	1,738,260	1,439,678	62,845	2,928,600	2,177,782	2,636,168	6,092,643	5,778,418
1800	528	9	50,023	1,939,813	1,202,837	12,822	2,832,720	2,346,142	62,845	4,772,533	3,548,978	3,108,905	6,565,380	6,251,155
1800	948	10	50,023	3,482,847	2,159,639	12,822	5,086,020	4,212,391	62,845	8,568,867	6,372,029	4,082,187	7,538,662	7,224,437
1800	324	11	50,023	1,190,340	738,104	12,822	1,738,260	1,439,678	62,845	2,928,600	2,177,782	2,636,168	6,092,643	5,778,418
1800	528	12	50,023	1,939,813	1,202,837	12,822	2,832,720	2,346,142	62,845	4,772,533	3,548,978	3,108,905	6,565,380	6,251,155
1800	948	13	50,023	3,482,847	2,159,639	12,822	5,086,020	4,212,391	62,845	8,568,867	6,372,029	4,082,187	7,538,662	7,224,437
1800	324	14	50,023	1,190,340	738,104	12,822	1,738,260	1,439,678	62,845	2,928,600	2,177,782	2,636,168	6,092,643	5,778,418
			604,028	28,571,834	17,716,784	154,826	41,723,605	34,556,711	758,853	70,295,439	52,273,494	40,787,546	82,524,481	78,730,215

Elaborado pelo auto.

APÊNDICE F – EQUALIZAÇÃO DE VALORES ENTRE NAMA PECUÁRIA E CUSTO DE OPORTUNIDADE

EQUALIZAÇÃO DE VALORES, CENÁRIO NORDHAUS 15 ANOS

15 ANOS					
RAÇ+BIOG		NAMA		COMPENSAÇÃO DE VALORES	
S	BEN (EE+IR)	93,061,040	BEN (EE+IR)	247,364,193	
	CUST		CUST		
	(100%)	52,273,494	(100%)	42,167,568	75069742
					0,31

Elaborado pelo autor

APÊNDICE G – TABELA DA ACB CENÁRIO ‘EN’ 5 ANOS

CENÁRIO EN: EXTERNO NORDHAUS				CSC: 30	TX DESC: 0,0425	
ANO	0	1	2	3	4	TOTAL
FAZENDAS TOTAIS	91	253	577	1014	1800	1800
NVs FAZENDAS	91	162	324	437	786	1800

CUSTOS	INV.INICIAL	1.447.867	2.565.875	5.143.557	6.936.378	12.474.776	28.568.453
	75%	1.085.900	1.924.406	3.857.668	5.202.284	9.356.082	21.426.340
	INV.OPERAC.	0	0	0	0	0	0
	TOTAL ANO	1.085.900	1.924.406	3.857.668	5.202.284	9.356.082	21.426.340

BENEFÍCIOS	EE (t CO2 eq)	4.742	13.121	29.729	52.611	93.405	193.608
	x CSC	142.259	393.637	891.884	1.578.338	2.802.136	5.808.254

FC	B-C	-943.641	-	-2.965.784	-3.623.945	-6.553.946	-
			1.530.769				15.618.086
VPL	$X/(1+T.D.)^t$	-943.641	-	-2.728.898	-3.198.552	-5.548.794	-
			1.468.364				13.888.250

	TOTAL	VPL (t=0)
CUSTOS	21.426.340	18.994.195
BENEFÍCIOS	5.808.254	5.105.945
B/C		0,27

- Valores em USD, quando não especificado diferente

- EE: emissões evitadas

	1	2	3	4	5
BEN. LÍQ. ACUMULADO	-943.641	2.412.005	-5.140.903	-8.339.456	13.888.250

Elaborado pelo autor.

APÊNDICE H – TABELA DA ACB CENÁRIO ‘SS’ 15 ANOS

CENÁRIO: SOCIAL STERN 15																	
CSC: 85																	
TX DESC: 0,001																	
ANO		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	TOTAL
FAZENDAS		91	253	577	1014	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
TOTAIS		91	253	577	1014	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
INVS		91	162	324	437	786	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1800
FAZENDAS		91	162	324	437	786	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1800
CUST.	INV.INICIAL	1.447.867	2.565.875	5.143.557	6.936.378	12.474.776	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.568.453
	INV.OPERAC.	552.943	393.826	588.881	679.466	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	13.599.115
	TOTAL ANO	2.000.810	2.959.701	5.732.438	7.615.844	13.509.685	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	1.034.909	42.167.568
	EE (tCO2eq)	4.742	13.121	29.729	52.611	93.405	93.405	93.405	93.405	93.405	93.405	93.405	93.405	93.405	93.405	93.405	1.127.654
BEN.	x CSC	403.067	1.115.305	2.527.005	4.471.958	7.939.385	7.939.385	7.939.385	7.939.385	7.939.385	7.939.385	7.939.385	7.939.385	7.939.385	7.939.385	7.939.385	95.850.568
	I.R.	890.488	2.568.616	6.064.178	10.860.208	17.559.190	17.559.190	17.559.190	17.559.190	17.559.190	17.559.190	17.559.190	17.559.190	17.559.190	17.559.190	17.559.190	213.534.581
	TOTAL ANO	1.293.555	3.683.921	8.591.183	15.332.166	25.498.575	25.498.575	25.498.575	25.498.575	25.498.575	25.498.575	25.498.575	25.498.575	25.498.575	25.498.575	25.498.575	309.385.149
CANO	B-C	-707.255	724.220	2.858.745	7.716.322	11.988.890	24.463.666	24.463.666	24.463.666	24.463.666	24.463.666	24.463.666	24.463.666	24.463.666	24.463.666	24.463.666	267.217.581
VPL	X/(1+T.D.) ^t	-707.255	723.496	2.853.036	7.693.219	11.941.054	24.341.714	24.317.396	24.293.103	24.268.834	24.244.590	24.220.370	24.196.173	24.172.001	24.147.853	24.123.730	264.829.315
TOTAL		VPL (t=0)															
CUST	42.167.568	41.978.698															
BEN.	309.385.149	306.808.013															
B/C	7,31																
Valores em USD quando não especificado																	
E.E.: emissões																	
Ben Liq		-707.255	16.241	2.869.276	10.562.496	22.503.550	46.845.263	71.162.660	95.455.763	119.724.598	143.969.187	168.189.557	192.385.730	216.557.732	240.705.585	264.829.315	

Elaborado pelo autor

APÊNDICE I – TABELA DA ACB CENÁRIO ‘EP’ 5 ANOS COM CUSTO DE OPORTUNIDADE

CENÁRIO EN: EXTERNO PINDYCK 5C				CSC: 80	TX DESC: 0.03	
ANO	0	1	2	3	4	TOTAL
FAZENDAS TOTAIS	91	253	577	1014	1800	1800
NVs FAZENDAS	91	162	324	437	786	1800

CUSTOS	INV.INICIAL	1,447,867	2,565,875	5,143,557	6,936,378	12,474,776	28,568,453
	75%	1,085,900	1,924,406	3,857,668	5,202,284	9,356,082	21,426,340
	INV.OPERAC.	0	0	0	0	0	0
	C.O.	254,173	706,657	1,611,625	2,832,215	5,027,600	10,432,270
	TOTAL ANO	1,340,073	2,631,063	5,469,293	8,034,498	14,383,682	31,858,610
BENEFÍCIOS	E.E. (t CO2 eq)	4,742	13,121	29,729	52,611	93,405	193,608
	x CSC	379,357	1,049,699	2,378,358	4,208,901	7,472,362	15,488,677

FC	B-C	-960,716	-	-3,090,935	-3,825,597	-6,911,320	-16,369,933
			1,581,365				
VPL	$X/(1+T.D.)^t$	-943,641	-	-2,913,503	-3,500,963	-6,140,618	-15,034,031
			1,535,306				

	TOTAL	VPL (t=0)
CUSTOS	31,858,610	29,182,256
BENEFÍCIOS	15,488,677	14,131,150
B/C		0.48

BEN. LÍQ. ACUMULADO	1	2	3	4	5
		-			
	-943,641	2,478,947	-5,392,450	-8,893,413	-15,034,031

- Valores em USD, quando não especificado diferente
- E.E.: emissões evitadas
- C.O.: benefícios de EE + benefício líquido de políticas alternativas

Elaborado pelo autor

ANEXO A – SEIS PRINCIPAIS CLASSES DE MODELO DE ANÁLISE CLIMÁTICA-ECONÔMICA

MODELO	MECANISMO
Modelos de análise integrada (<i>Integrated assessment models</i>)	Define a economia como uma corrente única, encompassando todos os setores numa dimensão comum de bem-estar
Equilíbrio geral computacional (<i>Computable general equilibrium</i>)	Maior nível de detalhamentos por setores, sendo mais usados para mostrar os reflexos intersetoriais
Equilíbrio parcial de setores "não-energia" (<i>Partial equilibrium non-energy sector</i>)	Apropriados para análises mais detalhadas de impactos ambientais de determinado setor
Modelos de setores energéticos (<i>integrated assessment models</i>)	Fornecem um balanço detalhado de tecnologias energéticas e seus custos. São mais usados em análises de alternativas para mitigação de GEE
Modelos macroeconômicos	Mecanismo semelhante ao do Equilíbrio geral computacional, porém aqui ao invés de se assumir o ponto ótimo social, o foco é analisar comportamentos do mercado
Outros modelos de análises integrados	Refere-se a inúmeras formas diferentes desses modelos que podem ser criados para casos muito específicos

Fonte: (ECONOMIDES et al., 2018).

ANEXO B - INVESTIMENTOS, CUSTOS E ALCANCE DAS MEDIDAS MITIGADORAS DO PROGRAMA NAMA

	INVESTIMENTO INICIAL (USD/ha)	CUSTO OPERACIONAL (USD/ ha/ano)	INCREMENTOS DE RENDIA* (USD/ha)	Nº FAZENDAS QUE IMPLEMENTAM A TECNOLOGIA
1 Pastoreio racional + cercas vivas (PR + CV)				
Corte	1.027	27	255	1.004
Leite	1.027	27	1894	318
Mista	1.027	27	619	478
2 Melhor pastagem (MP)				
Corte	495	74	255	1.004
Leite	495	74	176	318
Mista	495	74	419	478
3 Melhor fertilização (MF)				
Corte	não se considera essa medida em fazendas de carne			
Leite	340	681	525	318
Mista	340	0	166	478

* Valores para o primeiro ano; esses valores são crescentes; tabela completa no Anexo A. Fonte: POCH (2016).

ANEXO C – CONSIDERAÇÕES BASE E TABELA DE INCREMENTOS DE RENDA COM O PROGRAMA NAMA PECUÁRIA

Considerações base

ITEM	UNIDADE	VALOR	FONTE
Tipo de câmbio usado como referência	CRC a USD	540	ENGBC
Taxa de desconto fazendas	%	10%	Estipulado
Preço do gado em pé	USD/t animal em pé	1.917	Preço médio da bolsa da pecuária à época (2016)
Preço do leite	USD/t leite	420	ENGBC

Incrementos de renda anuais esperados, de acordo com o tipo de fazenda e medida mitigadora (USD/ha)

ANO	CORTE		LEITE			MISTA		
	PR+CV	MP	PR+CV	MP	MF	PR+CV	MP	MF
1	255	255	1.894	176	525	619	419	166
2	264	264	1.959	182	543	640	434	172
3	273	273	2.031	189	563	663	450	178
4	278	278	2.068	192	573	676	458	181
5	280	280	2.080	193	577	679	461	182
6	283	283	2.101	195	583	686	465	184
7	287	287	2.130	198	591	696	472	187
8	291	291	2.164	201	600	707	479	190
9	295	295	2.192	204	608	716	485	192
10	298	298	2.213	206	614	723	490	194
11	300	300	2.230	207	618	729	494	195
12	302	302	2.247	209	623	734	498	197
13	305	305	2.265	211	628	740	501	199
14	307	307	2.282	212	633	745	505	200
15	309	309	2.296	213	637	750	508	201

PR: melhores práticas manejo, CV: cervas vivas, MP: melhores práticas na pastagem, MF: melhores práticas na fertilização.

Fazendas participantes do programa por ano

ANO	CORTE	LEITE	MISTA	TOTAL
1	46	18	27	91
2	127	51	75	253
3	290	116	171	577
4	509	204	301	1014
5	904	362	534	1800
6	1019	408	601	2028
7	1274	510	751	2535
8	1681	673	992	3346
9	2140	857	1262	4259
10	2751	1102	1623	5476
11	3464	1387	2044	6895
12	4075	1632	2405	8112
13	4584	1837	2705	9126
14	4890	1959	2885	9734
15	5094	2040	3006	10140

Emissões evitadas por ano no cenário 2 (t CO₂ eq.)

ANO	CORTE	LEITE	MISTA	TOTAL
1	3.132	37	1.572	4.742
2	8.648	106	4.368	13.121
3	19.747	240	9.959	29.946
4	34.659	423	17.529	52.611
5	61.556	750	31.099	93.405
6	69.386	845	35.001	105.232
7	86.750	1.057	43.736	131.543
8	114.464	1.394	57.771	173.630
9	145.718	1.776	73.495	220.989
10	187.323	2.283	94.519	284.125
11	235.873	2.874	119.037	357.784
12	277.478	3.382	140.060	420.920
13	312.137	3.806	157.532	473.475
14	332.973	4.059	168.014	505.047
15	346.864	4.227	175.061	526.152

Custos totais considerados por cenário

EXTERNO	x 75% DO INV. INICIAL	1.085.900	1.924.406	3.857.668	5.202.284	9.356.082	21.426.340
	INV.OPERAC.	0	0	0	0	0	0
	TOTAL ANO	1.085.900	1.924.406	3.857.668	5.202.284	9.356.082	21.426.340
SOCIAL	INV.INICIAL	1.447.867	2.565.875	5.143.557	6.936.378	12.474.776	28.568.453
	INV.OPERAC.	552.943	393.826	588.881	679.466	1.034.909	3.250.025
	TOTAL ANO	2.000.810	2.959.701	5.732.438	7.615.844	13.509.685	31.818.478

Incrementos produtivos considerados no estudo do programa NAMA Pecuária

MEDIDAS	GADO DE CORTE	GADO LEITEIRO	MISTO	
	(t animal em pé/ano)	(t leite/ano)	CORTE (t animal em pé/ano)	LEITE (t leite/ano)
Pastoreio racional + Cerva viva	150	5104	151	979
Melhor pastagem	150	475	154	428
Melhor fertilização	-	1415	-	447

Incrementais de renda totais por ano por fazenda (USD)

ANO	CORTE	LEITE	MISTA
1	4.848	12.449	16.423
2	5.019	12.876	16.994
3	5.190	13.351	17.605
4	5.285	13.590	17.933
5	5.323	8.623	18.026
6	5.380	13.818	18.207
7	5.456	8.833	18.480
8	5.532	14.226	18.769
9	5.608	14.414	18.999
10	5.665	14.554	19.190
11	5.703	14.656	19.337
12	5.741	14.772	19.488
13	5.798	14.891	19.644
14	5.836	15.006	19.776
15	5.874	15.099	19.899

Incrementos de renda totais por ano (USD)

ANO	CORTE	LEITE	MISTA	TOTAL
1	222.987	224.089	443.411	890.488
2	637.367	656.688	1.274.560	2.568.616
3	1.505.022	1.548.659	3.010.497	6.064.178
4	2.689.954	2.772.291	5.397.964	10.860.208
5	4.811.813	3.121.572	9.625.806	17.559.190
6	5.482.048	5.637.748	10.942.360	22.062.157
7	6.950.780	4.504.653	13.878.790	25.334.223
8	9.299.144	9.574.125	18.618.841	37.492.110
9	12.001.017	12.352.670	23.976.868	48.330.555
10	15.584.365	16.038.919	31.144.725	62.768.008
11	19.755.198	20.327.459	39.524.262	79.606.919
12	23.394.664	24.107.740	46.867.709	94.370.112
13	26.578.269	27.354.396	53.137.460	107.070.125
14	28.538.391	29.396.065	57.054.315	114.988.771
15	29.922.624	30.801.710	59.815.770	120.540.104

Fonte: (POCH, 2016).

ANEXO D – DETALHAMENTOS DOS CUSTOS OPERACIONAIS DO PROGRAMA NAMA PECUÁRIA

Detalhamento de custos operacionais (USD)

ANO	1	2	3	4	5	TOTAL
1. Divulgação e Comunicação	109.200	138.857	194.400	218.500	314.400	975.357
2. Projetos-piloto	27.300	24.300	38.880	39.330	47.160	176.970
3. Serviços técnicos	54.600	97.200	194.400	262.200	471.600	1.080.000
4. Fortalecimento das Entidades do Setor Pecuário	19.110	26.036	42.768	52.003	83.316	223.233
5. Acompanhamento, monitoramento e fiscalização	257.950	22.650	33.650	22.650	33.650	370.550
6. Administração e finanças	84.783	84.783	84.783	84.783	84.783	423.916
TOTAL	552.943	393.826	588.881	679.466	1.034.909	3.250.026

Custos operacionais anuais (USD)

ANO	1	2	3	4	5	TOTAL
Valor anual	552.943	393.826	588.881	679.466	1.034.909	3.250.026
Fazendas participantes	91	253	577	1.014	1.800	1.800
Valor médio por fazenda	6.076	1.557	1.021	670	575	1.806

Fonte: (POCH, 2016)